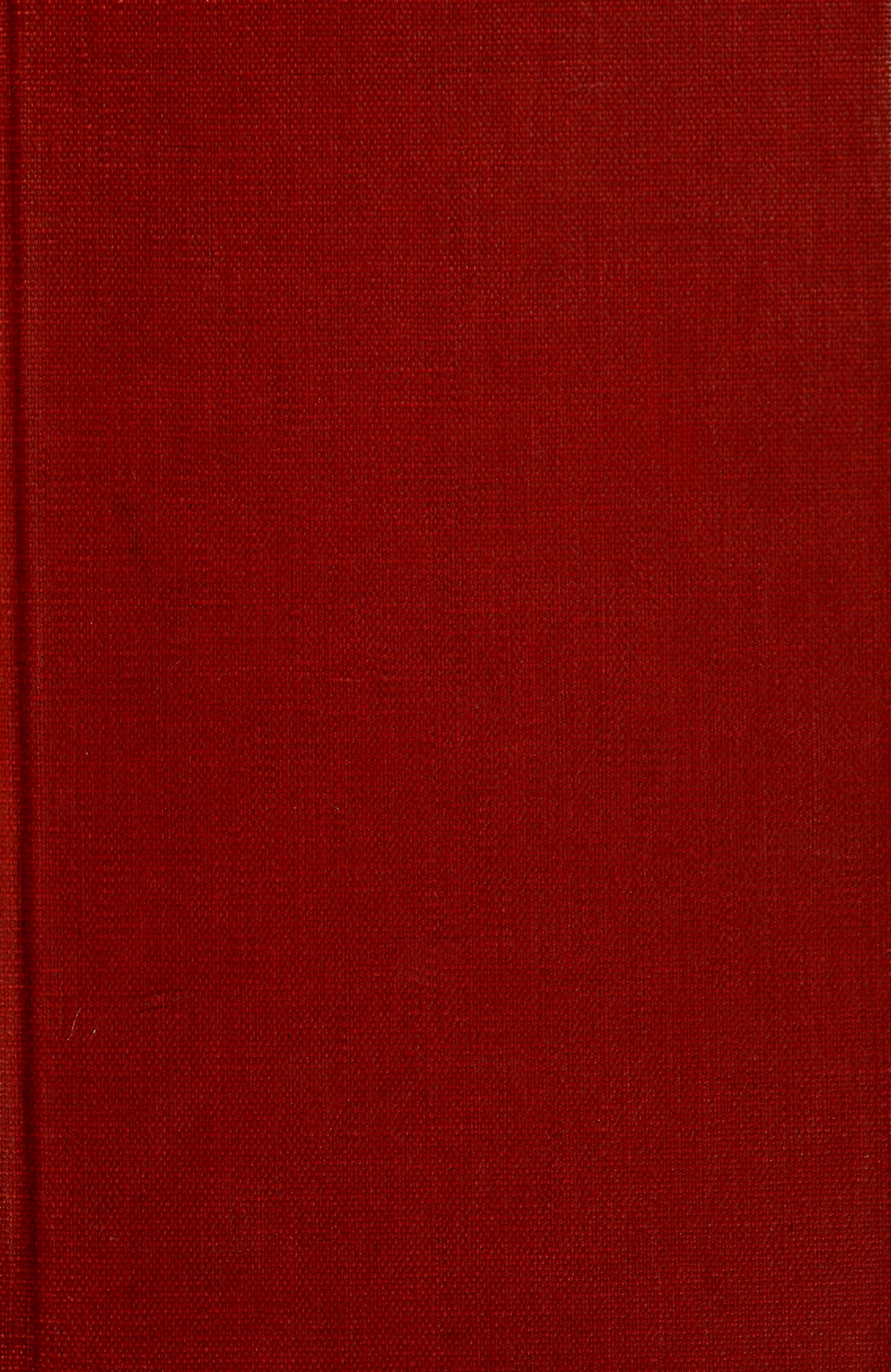
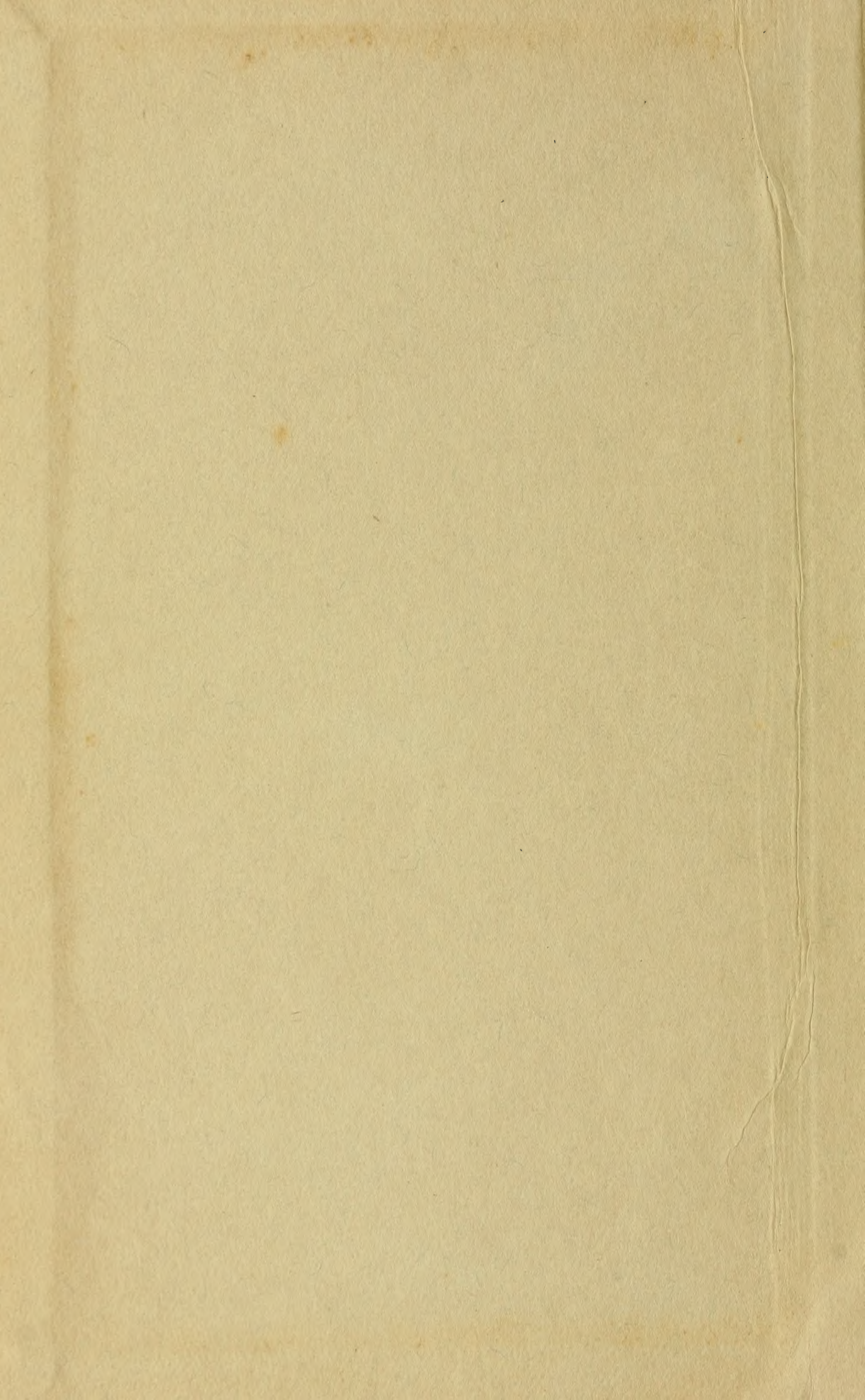
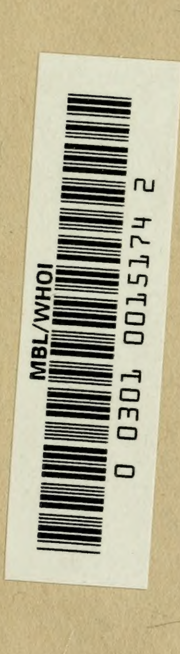
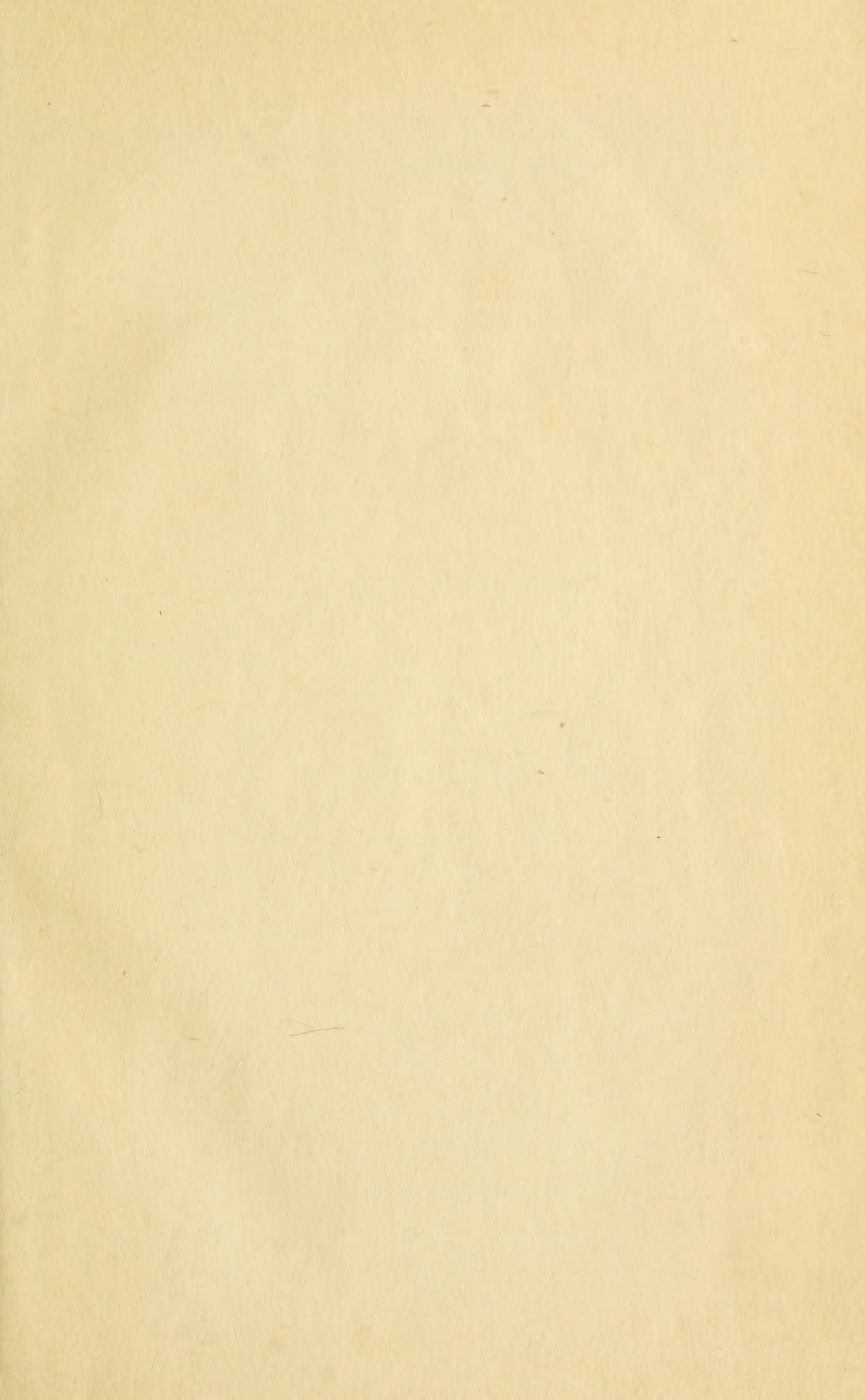





MBL/WHOI
0 0301 0015174 2







VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

ZWEITE REIHE.

ERSTE ABTHEILUNG.

MIT VIER HOLZSCHNITTEN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1882.



VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

ZWEITE REIHE.

FÜNFTE ABTHEILUNG.

I. HÄLFTE.

MIT ZWEI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1888.

Diese Studien erscheinen in zwanglosen einzeln käuflichen Abtheilungen, deren fünf eine Reihe bilden.

Erschienen sind bereits:

I. Reihe. I. Abtheilung. Mit vier Holzschnitten und zwei Tafeln. ℳ 6. — Inhalt: Der Mechanismus des Chromatophorenspieles. — Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. — Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellosen. — Vergleichend-toxicologische Untersuchungen als experimentelle Grundlage für eine Nerven- und Muskelphysiologie der Evertebraten. — Die Curarewirkung an den Raupen von Sphinx Euphorbiae. — Bedenken gegen einige aus neueren Untersuchungen über den Gaswechsel bei Fischen und bei Wirbellosen gezogene Schlußfolgerungen.

II. Abtheilung. Mit zwei lithographischen Tafeln. ℳ 4. — Ueber Unterschiede der chemischen Bestandtheile von Organen ähnlicher Function bei Vertretern verschiedener Thierclassen. — Entwickeln die Spongien Ozon? — Ueber Reservestoffe. — Ueber thierische Farbstoffe und deren physiologische Bedeutung. — Ueber die Vertheilung des Wassers der organischen und anorganischen Verbindungen im Körper wirbelloser Thiere.

III. Abtheilung. Mit zehn Holzschnitten und einer Tafel. ℳ 6. — Der Schlag der Schwingplättchen bei Beroë ovatus. — Ueber die Mechanik des Farbenwechsels bei Chamæleon vulgaris, *Cuv.* — Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniß der Respirationsvorgänge bei wirbellosen Thieren. — Ueber die Curare- und Strychninwirkung an Turris digitalis, Aequorea Forskalea und Carmarina hastata. — Bemerkungen zu der *Eimer*schen Ansicht über den Ortswechsel der Rippenquallen. — Der Herzschlag bei den Salpen. — Die pendelartigen Bewegungen des Fußes von Carinaria mediterranea. — Ueber das Verhältniß der Leberpigmente zu den Blutfarbstoffen bei den Wirbellosen.

IV. Abtheilung. Mit vier lithographischen Tafeln. ℳ 5. — Beiträge zur Anatomie und Physiologie von Luvarus imperialis *Raf.* — Einleitung. — I. Zur Anatomie und Histologie. Von Graf *Béla Haller.* — II. Das Auge. Von Dr. *E. Berger.* — III. Physiologisch-chemische Untersuchungen. Von *C. Fr. W. Krukenberg.*

V. Abtheilung. Mit einem Holzschnitt und drei Tafeln. ℳ 4. — Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen. Erste Mittheilung. — Das Antheagrün. — Ueber einen blauen Farbstoff, welcher sich auf feucht gehaltenem Fibrin bildete. — Weitere Beiträge zum Verständniß und zur Geschichte der Blutfarbstoffe bei den wirbellosen Thieren. — Nachträge zu meinen vergleichend-physiologischen Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge. — Die Farbstoffe der Federn. Erste Mittheilung.

II. Reihe. I. Abtheilung. Mit vier Holzschnitten. ℳ 6. — Inhalt: Der physiologische Vergleich. — Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen. Zweite Mittheilung. — Beiträge einer Nervenphysiologie der Echinodermen. — Zur vergleichenden Physiologie der Lymphe, der Hydro- und Hämolymphe. — Zur Kritik der

Fortsetzung Seite 3 des Umschlags.

Schriften über eine sog. intracellulare Verdauung bei Cœlenteraten. — Weitere Untersuchungen zur vergleichenden Muskelchemie. — Totaler Albinismus bei Cucumaria Planci. — Die Farbstoffe der Federn. Zweite Mittheilung. — Ueber den Einfluß der Kohlensäure auf die Muskeln der Actinien und Medusen. — Kleinere Mittheilungen.

II. Abtheilung. Mit drei Holzschnitten und drei Tafeln. ℳ 5. — Die Farbstoffe der Federn. Dritte Mittheilung. — Die Hautfarbstoffe der Amphibien. Erste Mittheilung. — Die Farbstoffe in der Reptilienhaut. Erste Mittheilung. — Die Pigmente der Fischhaut. Erste Mittheilung. — Rechtfertigung meiner Einwände gegen *Bizio*'s vermeintliche Glykogennachweise bei wirbellosen Thieren. — Ueber das Helicorubin und die Leberpigmente von Helix pomatia. — Ueber das Bonelleïn und seine Derivate. — Untersuchungen der Fleischextracte von Schlangen und Crocodilen. — Kleinere Mittheilungen.

III. Abtheilung. Mit einem Holzschnitt und neun lithogr. Tafeln. ℳ 7. — Die Pigmente, ihre Eigenschaften, ihre Genese und ihre Metamorphosen bei den wirbellosen Thieren. — Bemerkungen zu einigen neuen Aufsätzen vergleichend-physiologischen Inhalts. — Die Farbstoffe der Federn. — Die Pigmente der Fischhaut. — Erklärung der Spectralzeichnungen.

IV. Abtheilung. Die Beeinflussung des Salzgehaltes der lebenden Gewebselemente durch den Salzgehalt der Umgebung. Erste Abhandlung. — Die nervösen Leitungsbahnen in dem Polypar der Alcyoniden. — Neue Thatsachen für eine vergleichende Physiologie der Phosphorescenzerscheinungen bei Thieren und bei Pflanzen. — Fortgesetzte Untersuchungen zur vergleichenden Muskelphysiologie. — Die Farben der lebenden Korallen des Rothen Meeres.

Vom gleichen Verfasser sind erschienen:

Vergleichend-physiologische Vorträge.

I. Band. gr. 8°, brosch. 12. M.

Inhalt: I. *Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie* (1 M. 20 Pf.). II. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung* (1 M. 60 Pf.). III. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben* (3 M. 20 Pf.). IV. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen* (2 M. 80 Pf.). V. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe* (3 M. 20 Pf.). VI. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der nervösen Apparate* (3 M.).

Der II. Band wird enthalten: Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Wärme, elektrischen Erscheinungen, Photogenese, Secretionen, Circulations- und Respirationsvorgänge, Statik und Mechanik.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

III.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben.

Die Physiologie der thierischen und pflanzlichen Farbstoffe hat in der jüngsten Zeit insofern eine gewisse Abrundung erfahren, als es gelungen ist, sowohl die Zahl der einzelnen Farbstoffgruppen dadurch zu vermindern, daß man einen Zusammenhang zwischen mehreren derselben erkannte, als auch die Identität resp. die Zusammengehörigkeit von Pigmenten bei weit von einander abstehenden Formen nachzuweisen.

Vor vier Jahren stieß ich bei meinen Spongienuntersuchungen auf einen rothen Farbstoff, welcher sich mit dem von *Wurm* aus den sog. Rosen der Auerhähne extrahirten und von ihm Tetronerythrin genannten Pigmente in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften als identisch erwies[1]). Diesem Befunde, der seiner Zeit sehr überraschen mußte, wurde jedoch bald seine Absonderlichkeit genommen, indem ich weiterhin zeigte, daß das sog. Tetronerythrin einer Classe von Farbstoffen angehört, welche bei den verschiedenartigsten Thier- wie Pflanzenspecies ihre Vertreter findet. Das Tetronerythrin (Zoonerythrin *Bogdanow*'s) war, wie mehrere gleichfalls schon länger bekannte Pigmente (Carotin, Saffranfarbstoffe, Luteïn etc.), hiermit als Glied einer weit verbreiteten Farbstoffclasse erkannt, welche man jetzt als Lipochrome (Fettfarbstoffe) bezeichnet, und man darf behaupten, daß gerade das Studium

der Lipochrome, die Abgrenzung dieſer Farbſtoffgruppe und die Kenntniß ihrer Verbreitung uns über viele vermeintliche Complicationen bei der Pigmentirung der Thiere wie der Pflanzen hinweggeholfen hat. Die Lipochrome ſind die Wegweiſer geworden, mittelſt deren es möglich war, ſich in dem zuvor wilden Chaos der thieriſchen wie pflanzlichen Pigmentirungen zurechtzufinden, das Gleichartige auszuleſen und von dem äußerlich Aehnlichen, aber ſeiner chemiſchen Beſchaffenheit nach ganz Differenten zu unterſcheiden. Die Lipochrome müſſen deshalb bei einer vergleichenden Chromatologie der lebenden Weſen vor allem in's Auge gefaßt werden, und es bedarf keiner weiteren Rechtfertigung, wenn wir unſere Betrachtungen mit denſelben beginnen laſſen[2]).

Die Lipochrome.

Durch ihre Löslichkeitsverhältniſſe, ihre Unzerſtörbarkeit bei der Verſeifung mit ſiedender Natronlauge in wäſſriger wie alkoholiſcher Löſung, durch die Blaufärbung, welche ſie im trockenen Zuſtande durch conc. Schwefelſäure oder ſtarke Salpeterſäure erfahren, durch ihre Lichtempfindlichkeit, durch die Gleichartigkeit ihrer Bleichproducte (Choleſtearin oder choleſtearinartige Körper), durch ihre chemiſche Zuſammenſetzung (nur aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff beſtehend), und endlich durch ihre Färbungen (grüngelb, gelb, orange, roth) ſind die Lipochrome im Allgemeinen charakteriſirt. Eine ſcharfe Abgrenzung derſelben iſt zwar unmöglich, weil ſie einerſeits in die ſpectroſkopiſch ſchlecht gekennzeichneten und in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln ſchwer oder faſt unlöslichen Lipochromoïde reſp. Melanoïde übergehen und weil andererſeits *Kühne*[3]) nachgewieſen hat, daß ein echtes Lipochrom, das Rhodophan nämlich, nach beſſerer Reinigung keine Blaufärbung durch ſalpetrige Säure mehr annimmt. Fernerhin verdient bei einer allgemeinen Charakteriſtik der Lipochrome die Thatſache nicht außer Acht gelaſſen zu werden, daß ſich ein Theil derſelben auch beim Benetzen mit Jod-Jodkaliumlöſung blaugrün färbt, ein anderer Theil dagegen nicht oder nur mangelhaft[4]),

und daß das spectroskopische Verhalten der einzelnen Lipochrome in manchen Fällen erheblich von einander abweicht, indem die Lösungen der Xanthophane und Rhodophane durch ein, die der Chlorophane durch zwei oder drei Absorptionsbänder ausgezeichnet sind. Die Absorptionsbänder ein und desselben Lipochromes lagern im Spectrum verschieden, je nach dem angewandten Lösungsmittel. In alkoholischer oder ätherischer Lösung liegen sie am meisten dem violetten Ende des Spectrums genähert, in Schwefelkohlenstoff sind sie am meisten nach dem Roth zu verschoben und in Chloroform oder fetten Oelen gelöst, hält die Lage der Streifen zwischen beiden Extremen die Mitte ein. Aus *Kundt's* Untersuchungen[5]) über die Verschiebung, welche die Mitte des dem rothen Ende des Spectrums zunächst liegenden Absorptionsstreifens vom Chlorophyll und welche der Absorptionsstreifen des Cyanins bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel erfährt, wird zu folgern sein, daß die entsprechende Lageveränderung der Lipochrombänder nicht, wie *Kraus* für das Chlorophyll annahm[6]), mit dem specifischen Gewichte des Lösungsmittels durchgängig im Einklang steht, sondern durch die brechende Kraft des Lösungsmittels derart veranlaßt wird, daß, je größer die Dispersion desselben für den blauen Theil des Spectrums ist, um so weiter die Absorptionsstreifen nach der brechbareren Seite des Spectrums fortschreiten.

Die Tinctionskraft der Lipochrome ist eine außerordentlich intensive, die Umsetzung in cholestearinartige Stoffe[7]), welche sie unter Sauerstoffaufnahme am Lichte (aber auch, wenn schon weit langsamer, im Dunkeln) erfahren, eine verhältnißmäßig rapide, so daß selbst aus äußerlich stark gefärbten Geweben davon meist nur sehr schwierig größere Quantitäten rein zu erhalten sind. Deshalb blieb man zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung der Lipochrome bislang allein auf das Carotin angewiesen, welches als der am besten bekannte Repräsentant dieser Farbstoffclasse zu gelten hat.

Das Carotin ($C_{18}H_{24}O$) ift der Farbftoff der cultivirten Mohrrübe (Daucus Carota *L.*). Seine braunrothen Bandkryftalle von rhombifcher Wetzfteinform fchmelzen bei 168° *C.*, und es zeigt unmittelbare Beziehung zum Hydrocarotin ($C_{18}H_{30}O$), welches fich neben ihm in der Mohrrübe findet und dem Cholefteariu nahe fteht.

Solange wie die chemifche Zufammenfetzung allein vom Carotin bekannt ift, ficher kryftallifirt außerdem nur noch das Luteïn, Eläochrin, Lecitochrin und das Chlorophyllgelb gewonnen wurden[8]), find es vorwiegend optifche Differenzen, welche zu Unterfcheidungen in der Lipochromreihe nöthigen. «Diefe Unterfcheidung ift aber eine zwingende, denn man hat jetzt im Carotin, Luteïn und Eläochrin rein und kryftallinifch zu gewinnende Körper, welche in diefem Zuftande fchon ohne Weiteres verfchieden erfcheinen durch die Farbe, vollends bei genauerer Unterfuchung der Kryftalle unter Beachtung des Dichroïsmus und der Abforption. Wie die Spectren der Fettpigmente vom Carotin bis zum Chlorophan in gleichen Löfungsmitteln eine merkwürdige Reihe zur brechbareren Seite fortfchreitender Abforptionsftreifen darbieten, deren Verfchiebung vielleicht in derfelben Weife durch die chemifche Zufammenfetzung der einzelnen Glieder bedingt wird, wie dies für die Linienfpectren der Didymverbindungen nach *Bunsen*'s bekannten Arbeiten[9]) gilt, fo bilden die am reinften dargeftellten Pigmente auch eine Reihe bezüglich der direct wahrnehmbaren, dem Gelb zugehenden Farbe und eine Reihe in Hinficht auf die Verwifchung des Dichroïsmus.»[10])

Was die Herkunft der Lipochrome anbelangt, fo ift es wahrfcheinlich, daß diefelben in den meiften Fällen aus fettartigen Subftanzen hervorgehen, denn häufig, wenn auch wohl nicht ausnahmslos, find fie in ihrem Vorkommen an Fett gebunden und laffen fich auch leicht in cholefteariuartige Körper überführen. So wird ebenfalls ihr Vorkommen in den grünen Gewächfen zu erklären fein, welches bekanntlich ein fo conftantes ift, daß bis zu den verdienftvollen Arbeiten von *Hanfen* trotz der unzählbaren

Abhandlungen über diesen Gegenstand der grüne und der gelbe Chlorophyllfarbstoff als eine einheitliche Substanz angesehen werden konnte. Aber zweifellos entstehen die Lipochrome auch noch auf andere Weise, aus Lipochromogenen oder aus Pigmenten, welche keine directe Verwandtschaft zu den Lipochromen erkennen lassen; so aus dem Cyanokrystallin[11]), dem krystallisirten blauen, unter dem Panzer bei vielen Crustaceen abgelagerten Farbstoffe, der sich durch die geringfügigsten Eingriffe in ein Lipochrom umsetzt.

Die Verbreitungsweise der Lipochrome ist von großem Interesse. Sämmtliche bislang untersuchten gelben Blüthenblätter, gelbe und rothe lymphatische Flüssigkeiten und zahlreiche Secrete bei Wirbelthieren wie Wirbellosen, die bunten Oelkugeln in den Zapfen der Wirbelthierretina, die Corpora lutea, die Eierdotter der verschiedensten Thierspecies, die gelben, grünen, orangenen oder rothen Hauttheile der Arthropoden und Vertebraten (von den Fischen bis zu den Vögeln) verdanken ihre Färbungen mit äußerst geringen Ausnahmen gelösten, körnig oder diffus abgelagerten Lipochromen; dagegen betheiligen sich die Lipochrome nie in ersichtlichem Maße an den Färbungen der Epithelialgebilde bei den Säugethieren, an den Färbungen der Vogeleierschalen und scheinen auch vielen protoplasmatischen resp. unicellulären Wesen zu fehlen. Auffallend sind die constanten Unterschiede, welche verschiedene Species in der Intensität der lipochromatischen Färbung gewisser Gewebe, besonders des Fettgewebes[12]), aufweisen, und sehr überraschend ist die Thatsache, daß Lipochrome bei Schlangen nur spurenweise auftreten, während die verschiedenartigsten Organe der Vögel, Amphibien, Fische und auch vieler Reptilien mit lipochromreichen Lösungen getränkt sind. Einer eingehenderen Untersuchung würde es sich gewiß weiterhin lohnen, welche von den zahlreichen, mit eigenen Namen belegten gelben, orangenen, rothen und braunen Farbstoffen pflanzlicher Gebilde (z. B. Bixin, Polychroït, Saffforgelb, Carthamin, Luteolin, Draconin) den Lipochromen zugerechnet

werden müſſen und welche nicht; beſonders wünſchenswerth dürfte es aber ſein, in Erfahrung zu bringen, ob ſcharfe chemiſche Unterſchiede zwiſchen den ſpectroſkopiſch ſo unterſchiedlichen Chlorophanen, Xanthophanen und Rhodophanen beſtehen, ob ſich vielleicht nicht die eine von der anderen Gruppe als Homologes oder als Anhydridverbindung ableiten läßt.

Lipochromoïde und Melanoïde. Melanine.

Die Lipochromoïde und Melanoïde, welche, wie ich zeigte[13]), vorzugsweiſe die Stämme von Gorgoniden, die Gehäuſe von Mollusken gelb, roth, braun, violett oder ſchwärzlich färben, führen unmittelbar zu den dunkelen Pigmenten, welche ſeit lange als Melanine[14]) zuſammengefaßt werden. Es ſteht außer Frage, daß unter dieſem Geſammtbegriff ſehr verſchiedene, gegen Reagentien widerſtandsfähige braune, in dickerer Schicht ſchwarz erſcheinende Pigmente vereinigt wurden, von denen einige (z. B. die ſchwarzen Farbſtoffe melanotiſcher Geſchwülſte, der ſchwarze, ſedimentirende Körper pathologiſchen Harnes) ebenſo ſicher eines ganz andern Urſprungs als die Lipochromoïde und Melanoïde ſind. Dafür jedoch, daß manche ſog. Melanine trotz ihres Gehaltes an Eiſen und an Stickſtoff mit den Lipochromen in näherer genetiſcher Beziehung ſtehen als z. B. mit dem Hämoglobin, dürften die ſcharfe Abgrenzung einer melanotiſchen von einer lipochromatiſchen Färbung (z. B. in vielen Federn), ſowie das bei vielen Thieren ſtets vergeſellſchaftete Vorkommen von Repräſentanten beider Farbſtoffgruppen auf's Ueberzeugendſte ſprechen. Für die Entſtehung vieler melanotiſchen Pigmente ſcheinen Licht und Sauerſtoffmangel in einer zwar noch unaufgeklärten Weiſe unbedingtes Erforderniß zu ſein[15]); derartige Nebenumſtände machen es denn auch verſtändlich, daß bei albinotiſchen Individuen die Melanoſe in den Epidermoidalgebilden ausbleiben kann, während ſich die lipochromatiſchen Färbungen völlig normal entwickeln. Ich beſchränke mich hier des Weiteren darauf, eine Zuſammenſtellung der genaueſten Analyſen derartiger melanotiſcher Farbſtoffe zu geben und die Reſultate

neuerer Untersuchungen mitzutheilen, welche am Fuscin, dem braunen Chorioïdealpigmente des Wirbelthierauges, und an dem Sepiafarbstoffe gewonnen sind.

Elementare Zusammensetzung melanotischer Pigmente (in Procenten).

	Chorioïdeal-pigment		Pigment aus melanot. Carcinomen		Schwarzer Federfarbstoff			Sepienschwarz P. Girod.	
					verschiedener Corvus-Arten	von Pica caudata	von Ciconia alba		
	Scherer.	*Rosow.*	*Dreßler*	*Heintz.*	*Hodgkinson u. Sorby.*			I.	II.
C	58,28	54,00	51,73	53,44	55,4	49,5	55,5	53,6	53,9
H	5,92	5,30	5,07	4,02	4,28	4,8	4,8	4,04	4,02
N	13,77	10,10	13,24	7,10	8,5	7,6	8,5	8,8	8,6
O	(22,03)	(30,0)	(29,96)	(35,44)					
Asche		0,6	(1,47)					0	0

Das Fuscin erwies sich bei verschiedenen Thieren als mehr oder weniger lichtempfindlich, in keinem Falle aber als (bei Sauerstoffanwesenheit) vollkommen lichtbeständig; concentrirte Säuren wie Alkalien bedürfen jedoch längerer Zeit oder des Erhitzens, um eine und selbst dann nur sehr unvollständige Zersetzung oder Auflösung des Pigmentes zu bewirken. Nur nach längerer Einwirkung von verdünnter Salpetersäure wird das Fuscin in verdünnten Alkalien sehr leicht löslich.

Das Sepienschwarz ist eine braunschwarze, amorphe Masse mit grünlich metallischem Reflex. Es ist vollkommen unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether. Concentrirte Schwefelsäure wie Salpetersäure zersetzen es und färben sich dabei rothbraun; Salzsäure wirkt sehr schwach ein, Chlor bleicht den Farbstoff. Warme Kalilauge erzeugt eine tiefbraune Lösung, die durch Schwefelsäure wie Salzsäure gefällt wird; auch Ammoniak soll lösend wirken, nicht aber Alkalicarbonate.

Eine große Anzahl von dunkelvioletten, gelb- und rothbraunen Pigmenten, welche sich von den Lipochromoïden und Melanoïden

durch das Nichteintreten der Schwefelsäurereaction, von den Melaninen durch ihre Färbung unterscheiden, gleicht in der Resistenz gegen Lösungsmittel, gegen Säuren und Alkalien den Melaninen; über jene läßt sich zur Zeit aber noch weniger sagen als über diese. Ich erinnere deshalb nur kurz an jene humusartigen Substanzen, welche sich unter Sauerstoff- und Wasseraufnahme aus Chromogenen in absterbenden Pflanzentheilen (z. B. in den sich zur Herbstzeit bräunenden Blättern und Akazienschoten) bilden, oder welche durch Wärme- wie durch Alkalieinwirkung aus den Uranidinen unter Sauerstoffaufnahme hervorgehen.

Die Uranidine.

Als Uranidine[16]) habe ich jene gelben Farbstoffe sehr verschiedenartigen Vorkommens (Aplysinofulvin in Aplysina aërophoba und Aplysilla sulfurea, die lymphatischen Farbstoffe von Ascidien und Insecten [Hydrophilus, Dyticus, Oryctes, Melolontha, Lepidopterenpuppen etc.], Aethalioflavin in Aethalium septicum) zusammengefaßt, welche unter Mitwirkung von Fermenten (sei es, daß solche bei der Melanose zerstört, sei es, daß diese dabei überhaupt erst in Wirksamkeit treten) in bräunliche oder dunkelviolette, gegen lipochromatische Lösungsmittel und Alkalien, theilweise auch gegen Säuren widerstandsfähige Massen verwandelt werden. Dieser Art wird auch der grüne Farbstoff sein, welchen Graf *B. Haller* in den Epithelzellen der Zuckerdrüse von Chitonen antraf, und dessen Veränderung in Violett er mit dem Secretionsvorgange der Drüsen als in Beziehung stehend nachwies[17]). Die Tabelle auf S. 98 gewährt einen Einblick in die bei der Verfärbung der Uranidine verlaufenden, jedenfalls sehr complicirten Vorgänge.

Am längsten und am besten bekannt von allen thierischen Farbstoffen sind die Hämoglobine mit ihren Derivaten.

Die Hämoglobine mit ihren Abkömmlingen.

Die Hämoglobine zählen zu den Proteïden, d. h. Eiweißverbindungen, welche bei Spaltungsvorgängen neben anderen Stoffen Eiweißsubstanzen liefern; so zerfallen sie bei längerer Erwärmung

der wäffrigen Löfung auf 70—80° C. in coagulirtes Eiweiß und in Hämatin.

Das Spectralverhalten der Hämoglobine und ihrer Abkömmlinge ift ein fehr beftimmtes und zum Nachweife derfelben wohl geeignet. Diefes gilt jedoch nur, wenn man fich fraglichen Falls nicht nur mit der oberflächlichen fpectrofkopifchen Prüfung eines einzigen Körpers diefer Reihe (z. B. des Oxyhämoglobins) begnügt, fondern die Unterfuchung auch auf die Zerfetzungsproducte desfelben ausdehnt, die Intenfität der einzelnen Abforptionsbänder und deren Lageverhältniß zu den *Fraunhofer*'fchen Linien im Spectrum allemal genügend berückfichtigt; diefes ift fchon deshalb nöthig, weil nicht nur die aus dem Indigcarmin durch Kochen mit überfchüffigem Alkali entftehende Purpurinfchwefelfäure ein dem reducirten Hämoglobin ähnliches Spectralbild liefert, fondern auch thierifche Farbftoffe (Turacin, Helicorubin, Carmin) dem Oxyhämoglobin fpectrofkopifch außerordentlich ähneln[18]. Nach *Kundt*'s Unterfuchungen[19]) fcheinen die felbft in kaum gefärbten Hämoglobinlöfungen fo fchwarz wie Tintenftriche hervortretenden Spectralftreifen auf anormaler Difperfion zu beruhen und an das fpectrofkopifche Verhalten des Hämoglobins Betrachtungen über Abforptionsverhältniffe und chemifche Wirkungsweife zu knüpfen, dürfte deshalb heute nicht unfruchtbarer fein als bei dem Chlorophyllgrün.

Bei den Hämoglobinen liegen die Dinge gerade umgekehrt wie bei den Lipochromen: die optifche Analyfe läßt uns der chemifchen und kryftallographifchen (vgl. beiftehende Tabelle) gegenüber im Stiche und zeigt conftante Abforptionen bei großen fonftigen Differenzen, was fich vermuthlich daraus erklärt, daß alle Hämoglobine als einziges gefärbtes Derivat das ftets gleiche eifenhaltige Hämatin liefern, wonach fie fämmtlich als Verbindungen deffelben Farbftoffes, und zwar des *Stokes*'fchen reducirten Hämatins (= Hämochromogen *Hoppe-Seyler*'s) aufzufaffen wären[20]. Nur die Färbungsintenfität weicht zwifchen Hämoglobinen verfchiedener

Die Unterſcheidungsmerkmale der Hämoglobine. [21])

	Kryſtallform	Elementare Zuſammenſetzung							Kryſtall-waſſer-gehalt	Kryſtalli-ſations-fähigkeit	Löslichkeit in Waſſer
		C	H	N	O	S	Fe	P_2O_5			
Pferd	rhombiſche Tafeln und Prismen . .	54,87	6,97	17,31	19,73	0,65	0,47	—	—	bedeutend	
Hund	meiſt lange, vierſeitige Prismen .	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	—	3 — 4 %		gering
Schwein		54,17	7,38	16,23	21,36	0,66	0,43	—	5,9 %	ſehr gering	
Meerſchweinchen . .	Tetraëder } rhombiſch ?	54,12	7,36	16,78	20,68	0,58	0,48	—	6 %	ſehr bedeutend	ſehr gering
Ratte	Sphäroïde										
Eichhörnchen . . .	hexagonal (ſechsſeitige Tafeln) .	54,09	7,39	16,09	21,44	0,40	0,59	—	9,4 %	bedeutend	gering
Gans	rhombiſche Tafeln	54,26	7,10	16,21	20,69	0,54	0,43	0,77	7 %	gering	ſehr groß.
Truthühner	regulär (Würfel, ſelten mit Octaëderflächen)										

Herkunft bisweilen, und in manchen Fällen alsdann selbst erheblich ab[22]).

Wie die Tabelle auf S. 29—32 im ersten Hefte dieser Vorträge zeigt, wurde das Hämoglobin außer bei allen Wirbelthieren (mit alleiniger Ausnahme von Amphioxus [?][23]) und den Leptocephaliden) auch noch bei Würmern (Turbellarien [?], Nemertinen, Hirudineen, Chätopoden, Gephyreen), Arthropoden (Crustaceen, Insecten) und Mollusken (Lamellibranchiaten, Gastropoden) nachgewiesen. Den Echinodermen, Cölenteraten, Protisten scheint dasselbe ebenso wie den Pflanzen zu fehlen; es hat sich herausgestellt, daß alle diesbezüglichen positiven Angaben auf Irrthümern und schlechten Beobachtungen beruhen.

Auch leicht künstlich zu erhaltende Abkömmlinge des Hämoglobins wurden in thierischen Organismen angetroffen[24]). So finden sich die aus dem Oxyhämoglobin durch Säuren oder stärkere Alkalien unter Eiweißabgabe hervorgehenden Hämatine in seltenen Fällen auch in alten Blutextravasaten bei Wirbelthieren vor, das eisenfreie Hämatin (Hämatoporphyrin), in welches das Hämoglobin durch conc. Schwefelsäure überzuführen ist, ist ein Secretionsproduct von Drüsen des Ovarialtractus bei Vögeln, deren Eierschalen es ein rothes, braunes, lederfarbenes, gelbes oder schwarzes Colorit verleiht; bei Hämoglobinurie soll im frischen menschlichen Harne nur Methämoglobin, ein moleculares Umwandlungsproduct des Oxyhämoglobins, auftreten[25]), und *Maly*'s Hydrobilirubin (Urobilin *Jaffé*'s), welches durch Einwirkung von nascirendem Wasserstoff aus dem Hämoglobin erhalten wird, ist ein häufiger, vielleicht sogar ein constanter Bestandtheil des Harnes bei Säugethieren. Das Hydrobilirubin wurde nicht nur aus dem Hämoglobin, sondern auch aus dem Bilirubin (durch 2—3tägige Maceration mit Natriumamalgam bei Luftabschluß oder durch Zinn und Salzsäure) gewonnen, und es wurde dadurch wahrscheinlich gemacht, daß auch das Bilirubin und die übrigen Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Hämo-

globins ſind, für welche Annahme das Vorkommen der ſog. Hämotoïdinkryſtalle, welche nichts anderes als Bilirubin ſind, in alten Blutergüſſen jedenfalls noch überzeugender ſpricht.

Die Gallenpigmente der Wirbelthiere werden durch eine Farbenreaction, durch die ſog. *Gmelin*'ſche Gallenfarbſtoffprobe, welche an ihnen ſowohl rohe Salpeterſäure wie alkoholiſche Bromlöſung hervorbringt, als Ganzes zuſammengehalten. Bei dieſer Reaction liefern ſämmtliche Gallenfarbſtoffe als Oxydationsproduct ſchließlich das Choletelin, mit dem das Hydrobilirubin, welches ein Reductionsproduct des Bilirubins darſtellt, nicht zu verwechſeln iſt. Die Angabe, daß auch Choletelin bei Behandlung mit Waſſer und Natriumamalgam Hydrobilirubin liefere, iſt nicht ohne Widerſpruch geblieben.

Entgegen vielen neueren, ſchon durch ältere, weit genauere Verſuche als widerlegt zu betrachtenden Angaben mußte bis vor Kurzem angenommen werden, daß die durch das Eintreten der *Gmelin*'ſchen Gallenfarbſtoffreaction gekennzeichneten Pigmente auf die Wirbelthiere im Vorkommen beſchränkt ſind; die Leber und ihre Secrete hatten ſich bei Wirbelloſen verſchiedenſter Claſſen von derartigen Farbſtoffen als vollkommen frei erwieſen[26]). Bei den Wirbelthieren waren dieſe Pigmente jedoch nicht nur in der Galle gefunden, ſondern auch die Placenta des Hundes[27]), die blauen und grünen Vogeleierſchalen waren als biliverdinhaltig erkannt worden[28]). Ich konnte indeß zeigen[29]), daß auch Wirbelloſe Biliverdin bilden, daß ſich dieſes in großer Menge in den Gehäuſen von Trochiden und Haliotiden findet, daß es nach Extraction der verkalkten Gebilde mit Salzſäure, ſowohl durch Salpeterſäure oder Bromwaſſer, wie auch durch die ſucceſſive Aufeinanderfolge der Spectraleigenthümlichkeiten bei der *Gmelin*'ſchen Probe als ſolches leicht und ſicher in der Löſung nachgewieſen werden kann. Fernerhin zeigte ich auch, daß ein dem Hämoglobin chemiſch ſehr fern ſtehendes Pigment, das Turbobrunin, welches die dunkelrothen

Gehäuſe von Turbiden und Halioten tingirt, einfach in ſalzſaurer Löſung kurze Zeit gekocht, in Biliverdin übergeht[29]). Dieſe Befunde lehren, daß das Biliverdin und vermuthlich auch alle ſonſtigen Gallenpigmente der Wirbelthiere nicht nothwendig aus Hämoglobin zu entſtehen brauchen, ſondern auch aus andersartigen Subſtanzen hervorgehen können, während zugleich die Reſultate einer anderen Reihe vergleichend phyſiologiſcher Unterſuchungen lehren, daß ſich das Hämoglobin bei vielen Thieren (z. B. bei Planorbis, Lumbricus, Aphrodite) niemals in veritabele Gallenfarbſtoffe transformirt, ſondern im Organismus andersartig zerfallen muß.

Das bei der Umſetzung des Hämoglobins in eiſenfreie Farbſtoffe (Hämatoporphyrin, Gallenfarbſtoffe, Hydrobilirubin) austretende Eiſen verläßt bei den Säugethieren in der Galle und der Milch den Organismus und iſt in dieſen Secreten durch Reagentien direct nachweisbar, während z. B. der Harn niemals Eiſenſalze in freiem Zuſtande enthält. Eine ähnliche Abſpaltung von Eiſen, wie ſich ſolche normal im Körper vollzieht, erfährt auch das Hämoglobin in Blutextravaſaten, welche in Folge deſſen zu gelbbraunen eiſenreichen Infiltrationen Veranlaſſung werden[30]). Bei den Vögeln ſammelt ſich das bei der Hämatoporphyrin- und Gallenfarbſtoffbildung aus dem Hämoglobin abgeſpliſſene Eiſen oft reichlich in den Federn an; bei einem bosniſchen Lämmergeier fand ich in den durch Eiſenoxydhydrat dunkelbraun gefärbten Federn, welches dieſen durch verdünnte kalte Salzſäure ſo gründlich entzogen werden konnte, daß die Federn nach der Salzſäureeinwirkung vollkommen weiß erſchienen, nicht weniger als 4—5 % reinſtes Eiſenoxyd (Fe_2O_3)[31]).

Durch die Eigenſchaft, den Sauerſtoff der Luft locker chemiſch zu binden und denſelben bei einer Sauerſtoffverarmung der Umgebung an dieſe wieder abzutreten, iſt das Hämoglobin für den Wirbelthierorganismus ein Reſpirationsſtoff κατ' ἐξοχήν. Für eine

Erläuternde Ueberſicht der Eigenſchaften der fermentativ veränderlichen Pigmente.

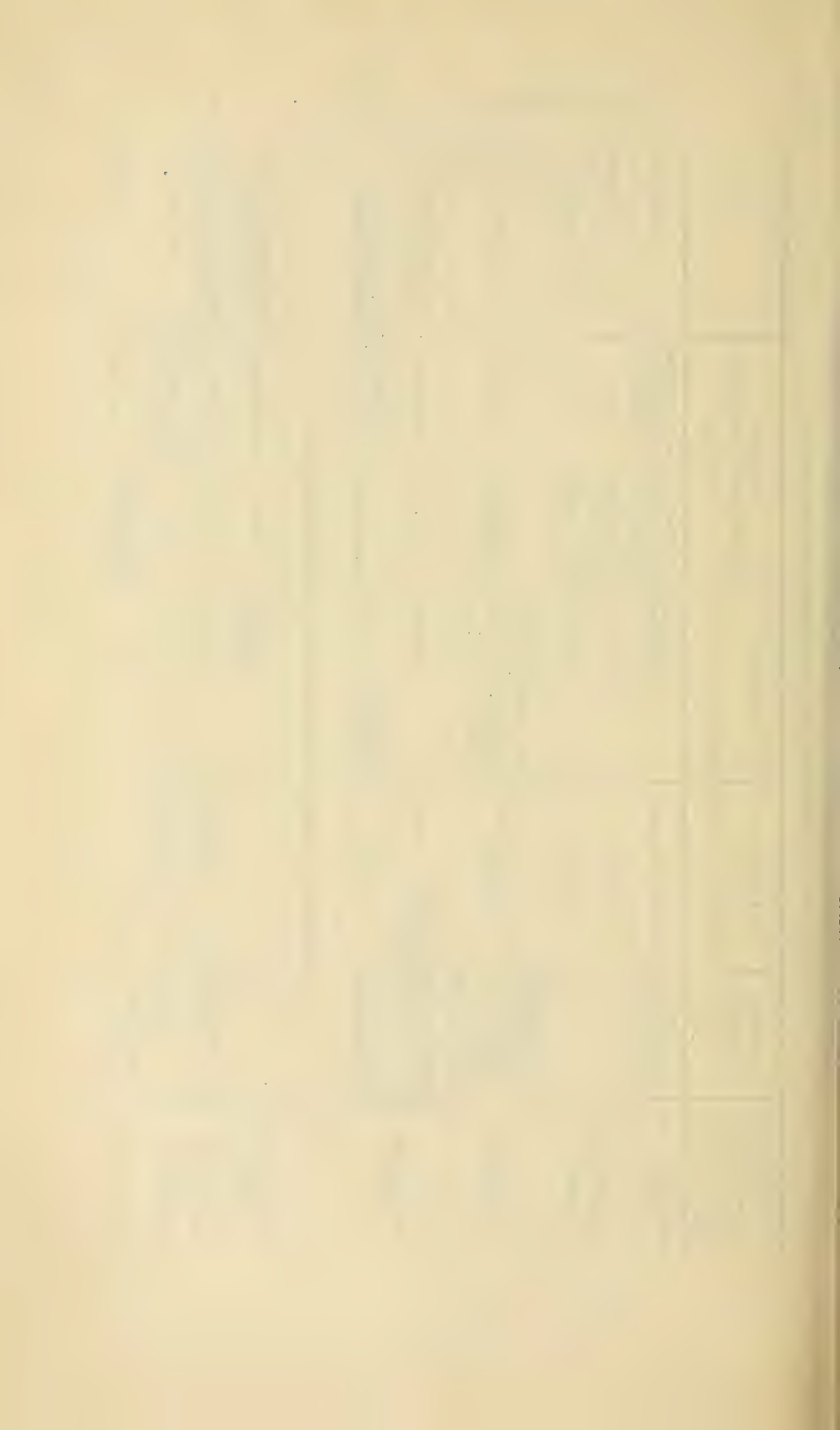
a) Die Reſpirationsfarbſtoffe mit Einſchluß der Floridine.

		Farbe des Oxydations-productes	Farbe des Desoxydations-productes	Wirkung der Wärme	Wirkung des Lichtes	Wirkung von Säuren	Wirkung von Alkalien	Spectroſkopiſches Verhalten	Zur Erklärung des ſpontanen Farbenwechſels verlangtes Agens
	Hämoglobin	hellroth (arteriell). Oxyhämoglobin	dunkelroth (venös). Red. Hämoglobin	zerfetzend (Hämatin)	0	zerfetzend (Hämatin)		für Reduc. u. Oxyhämoglobin verſchieden	reine Hämoglobinwirkung
	Hämocyanin	blau	gelblich (Hämocyanogen)	zerfetzend	0	zerfetzend		0	wechſelnde fermentative Nebenwirkungen
Floridine	Hämerythrin	roth	farblos (Hämerythrogen)	zerfetzend	0	zerfetzend		0	
	Bugulapurpur	violettpurpurn	gelblich (Bugulagelb)	oxydirend u. die Desoxydation verhindernd	beſchleunigend bei der Desoxydation	ſpectroſkopiſche Veränderung		Bugulagelb: O Bugulapurpur: 2 Abſorptionsbänd. zwiſchen D u. E und zwiſchen b u. F	Reductionsferment
	Das Floridin aus Reniera purpurea	kirſchroth	? gelbbraun	zerfetzend	0	fällend	fällend oder in Löſung verändernd	breiter Streifen zwiſchen D u. F	reine Floridinwirkungen
	Das Floridin aus Hircinia variabilis	purpurn mit gelber Fluorescenz	? bräunlichgelb	zerfetzend	Desoxydat. beſchleunigend	fällend		breites Band zwiſchen D u. E	

b) Die melanotiſch veränderbaren Pigmente (Uranidine).

Pigment	Farbe des Oxydations-productes	Farbe des Desoxydations-productes	Wirkung der Wärme	Wirkung des Lichtes	Wirkung von Säuren	Wirkung von Alkalien	Spectroſkopiſches Verhalten	Zur Erklärung des ſpontanen Farbenwechſels verlangtes Agens
Gelber Lymphfarbſtoff von Hydrophilus piceus	braunſchwarz	gelb	Oxydation inhibirend	0	0	0	0	Oxydationsferment (post mortem entſtehend)
Gelber Lymphfarbſtoff von Ascidia fumigata	braunſchwarz	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (grüngelb)	oxydirend	desoxydirt / oxydirt: O	Reductionsferment (post mortem verſchwindend)
Aplyſinofulvin	tief dunkelviol. (Aplyſinonigr.)	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (braungelb)	oxydirend	desox. / oxyd.: O	
Uranidin	? dunkelbraun	gelb mit grüner Fluorescenz	0	0	0	fällend	desox.: Band hinter F oxyd.: O	Oxydationsferment





vergleichende Betrachtung der Respirationsvorgänge der Thiere ist es nicht wenig günstig, daß auch manche andere in thierischen Organismen als Sauerstoffüberträger fungirende Substanzen, ganz ebenso wie das Hämoglobin, schon durch die Färbung allein ihren Gehalt an Sauerstoff errathen lassen[32]). *Harleß* entdeckte einen, sich dem Oxyhämoglobin in dieser Beziehung sehr ähnlich verhaltenden blauen Farbstoff, das Hämocyanin, in der Hämolymphe von Mollusken, und durch meine Untersuchungen wurde die Zahl derartiger Respirationspigmente noch um ein Erhebliches vermehrt. Zu den Respirationspigmenten zählen vornehmlich die Floridine[33]) (Hämerythrin, Bugulapurpur, das kirschrothe Pigment von Reniera purpurea, das Rosa der Hircinia variabilis und einiger Spongelia- wie Reniera-Arten), violette bis purpurrothe Farbstoffe, welche in Wasser und Glycerin löslich, in den lipochromatischen Lösungsmitteln dagegen unlöslich sind, ohne aber von diesen zerstört zu werden. *Sorby*'s Mittheilungen[34]) zufolge würde das Aphidin gleichfalls den Respirationspigmenten einzureihen sein. — Ich überzeugte mich aber zugleich, daß bei den, dem Hämoglobin functionell analogen Farbstoffen der Wirbellosen die respiratorische Action keineswegs so einfach ist wie bei dem Hämoglobin, und wie sie auch für jene von mehreren Forschern ohne Weiteres angenommen war. Auf der hier nochmals zum Abdruck gebrachten Tabelle dürften die diesbezüglichen Complicationen auffällig genug hervortreten.

Die Floridine.

Als vermeintliche Hämatinverbindungen hat man noch mehrere andere thierische Farbstoffe mit dem Hämoglobin in directer Beziehung geglaubt, so das Chlorocruorin *Ray-Lankester*'s[35]), einen rothen, krystallisabeln Farbstoff des Lebersecretes von Helix pomatia (Helicorubin)[36]) und die sog. Dermochrome[37]).

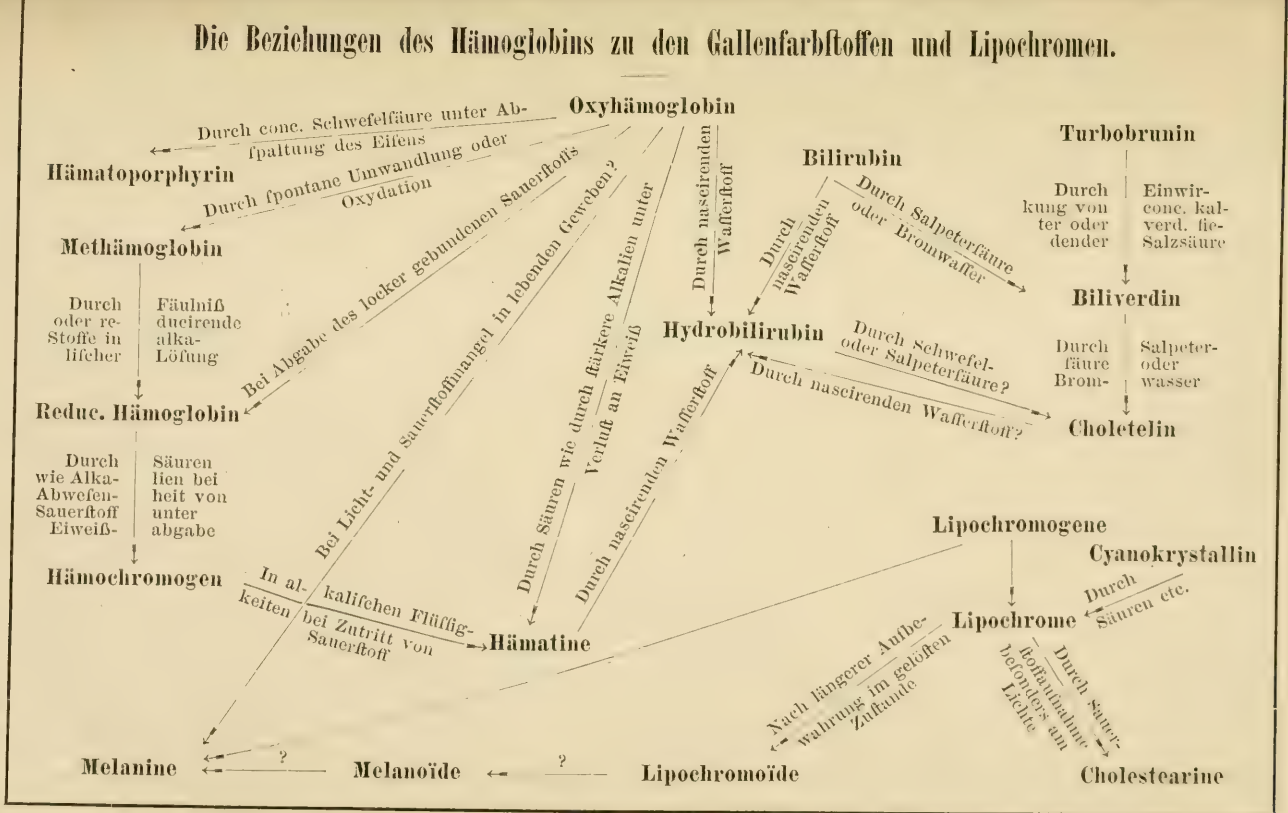
Angebliche Hämatinverbindungen.

Die Angaben von *Ray-Lankester* über das Chlorocruorin, sowie die über das Helicorubin von *Sorby* habe ich in vielen gravitirenden Punkten berichtigen müssen, und auch die Ansicht dieser Au-

toren, daß es ſich bei dieſen Pigmenten um reſpirirende Stoffe handle, iſt vollkommen hinfällig geworden, ſeitdem ich nachgewieſen habe, daß *Ray-Lankeſter's* Oxychlorocruorin und Erythrocruorin ein und dieſelbe Subſtanz ſind, welche durch Schwefelammonium nicht zu reduciren iſt. Ebenſo erhellt aus meinen Unterſuchungen, daß das Helicorubin durch Schwefelammonium keine Reduction erleidet, und nur die durch thatſächlich Beobachtetes ſehr ungenügend geſtützten Vermuthungen, daß das Chlorocruorin durch Cyankalium und Schwefelammonium dasſelbe Reductionsproduct wie das Hämoglobin, das Helicorubin bei der Oxydation durch Kaliumhypermanganat Hämatin liefern ſoll, bedürfen noch der Beſtätigung oder, was ſich vermuthlich eher ereignen wird, der Beſeitigung.

Sog. Dermochrome.

Die Speculationen *Mac Munn's* über ſeine ſog. Dermochrome wären der Wiſſenſchaft ſicherlich ganz erſpart geblieben, wenn ſich dieſer Forſcher mit meinen $^3/_4$ Jahre vor ſeiner Publication erſchienenen Unterſuchungen bekannt gemacht hätte; ſo entging es ihm aber, daß ſeine Dermochrome nur Gemiſche von Lipochromen und Hämoglobinderivaten ſind. Daß *Mac Munn* aus der Haut von Hirudo medicinalis durch Digeriren und Erwärmen mit ſtarker Natronlauge und nachherige Säurebehandlung ſchließlich Hämatoporphyrin erhielt, kann Den nicht Wunder nehmen, welcher weiß, wie weit ſich bei dieſem Wurme die Darmwülſte an die äußere Haut erſtrecken, und wie ſchwierig dieſe zu präpariren iſt; daß daneben Lipochrome (*Mac Munn's* Luteïn) gefunden wurden, iſt ebenfalls nichts Neues, da ich dieſelben nicht nur bei Arthropoden und Mollusken, ſondern auch bei Würmern und Echinodermen weit verbreitet fand. Ein gewiſſer Werth iſt in *Mac Munn's* Arbeit nur den Angaben beizumeſſen, daß auch aus dem Integumente von Uraster, Limax flavus und Arion ater durch ſucceſſive Behandlung mit kochender Kalilauge und verdünnter warmer Schwefelſäure Hämatoporphyrin erhalten werden kann, was jedoch an Ge-


Die Beziehungen des Hämoglobins zu den Gallenfarbſtoffen und Lipochromen.
Oxyhämoglobin
Durch conc. Schwefelſäure unter Abſpaltung des Eiſens
Hämatoporphyrin
Durch ſpontane Umwandlung oder Oxydation
Methämoglobin
Durch Fäulniß oder reducirende Stoffe in alkaliſcher Löſung
Reduc. Hämoglobin
Durch Säuren wie Alkalien bei Abweſenheit von Sauerſtoff unter Eiweißabgabe
Hämochromogen
Bei Abgabe des locker gebundenen Sauerſtoffs
Bei Licht- und Sauerſtoffmangel in lebenden Geweben?
Durch Säuren wie durch ſtärkere Alkalien unter Verluſt an Eiweiß
Durch naſcirenden Waſſerſtoff
Hydrobilirubin
Bilirubin
Durch naſcirenden Waſſerſtoff
Durch Salpeterſäure oder Bromwaſſer
Turbobrunin
Durch Einwirkung von conc. kalter oder verd. ſiedender Salzſäure
Biliverdin
Durch Salpeterſäure oder Bromwaſſer
Choletelin
Durch Schwefel- oder Salpeterſäure?
Durch naſcirenden Waſſerſtoff?
In alkaliſchen Flüſſigkeiten bei Zutritt von Sauerſtoff
Hämatine
Lipochromogene
Cyanokryſtallin
Durch Säuren etc.
Lipochrome
Nach längerer Aufbewahrung im gelöſten Zuſtande
Durch Sauerſtoffaufnahme beſonders am Lichte
Melanine
Melanoïde
Lipochromoïde
Cholestearine
?

weben, welchen zuvor die Lipochrome vollſtändig entzogen wurden, erſt noch näher zu unterſuchen ſein wird.

Eine mittelbare Beziehung zwiſchen den einzelnen im Vorhergehenden abgehandelten Farbſtoffgruppen ergab ſich mit Sicherheit nur für das Turbobrunin (durch das Biliverdin) mit den Gallenfarbſtoffen einerſeits, und (durch das Hydrobilirubin) mit dem Hämoglobin anderſeits, eine directe für das Cyanokryſtallin mit den Lipochromen; vielleicht exiſtirt eine mittelbare Beziehung auch zwiſchen den Lipochromen und dem Hämoglobin, nämlich durch die Lipochromoïde, Melanoïde und Melanine. Die ſchematiſch gehaltene Tafel auf S. 101 bringt dieſe Verhältniſſe zum Ausdruck.

Echtes und falſches Chlorophyllgrün.

Die Chlorophyllfarbſtoffe betreffend, hatte ſich in der botaniſchen Literatur während der letzten Jahre der Unrath in einer ſo enormen Weiſe angehäuft, daß es unmöglich war, auf Grund derſelben den Chlorophyllnachweis bei Thieren überhaupt nur zu verſuchen. Was von Unkundigen in dieſer Richtung trotzdem unternommen wurde, mußte in ſeinen Reſultaten nothwendig belanglos bleiben. Aus den Unterſuchungen von *Hanſen*[38]), welche den Ballaſt aus der Literatur entfernten, die begangenen Irrthümer aufdeckten und der verdienſtlichen Arbeit von *Kraus* wieder zu dem verdienten Anſehen verhalfen, iſt der Wiſſenſchaft ein unermeßlicher Segen erwachſen. Jetzt, wo durch *Hanſen* feſtgeſtellt wurde, daß das Chlorophyll ein Gemenge zweier Farbſtoffe, des Chlorophyllgrüns und eines Lipochromes, des Chlorophyllgelbs, iſt, beide Beſtandtheile des ſog. Chlorophylls kryſtalliſirt erhalten, über das optiſche Verhalten beider endgültig entſchieden und das Chlorophyllgrün qualitativ wie quantitativ genau analyſirt werden konnte, dürfte es allerdings der Mühe werth ſein, zu unterſuchen, inwiefern frühere Vermuthungen in Betreff des Vorkommens von Chlorophyllgrün bei wirbelloſen Thieren das Richtige getroffen haben oder auch nicht[39]). Abgeſehen von pflanzlichem Paraſitismus und auf-

genommenem pflanzlichen Chlorophyll, scheint mir die Gegenwart echten Chlorophyllgrüns bei Thieren äußerst zweifelhaft. *Sorby* und ich haben bereits dargethan, was *Schenk* vordem nicht vermochte, daß das Bonelleïn kein Chlorophyllgrün ist[40]); ich zeigte fernerhin[41]), daß den grünen Insectenflügeln keine Chlorophyllfärbung zu Grunde liegt und daß die gegentheilige Angabe von *H. Pocklington*[42]) nur darauf beruht, daß dieser Forscher nicht die gesonderten Cantharidenflügel, sondern die ganzen Thiere mit Alkohol extrahirte und — weil der Darmtractus der Käfer in den aufgenommenen Eschenblättern unverändertes Chlorophyll ja in Menge führt — so nothwendig eine Chlorophylllösung erhalten mußte. Ebenso erklärt sich die, meinen Ergebnissen seltsamer Weise entgegengestellte Angabe von *Mac Munn*[43]), welcher eine spetroskopische Aehnlichkeit zwischen dem von den durchscheinenden Raupen der Pieris rapae reflectirten Lichte und dem des Chlorophylls beobachtet zu haben angibt. Ein eventuell gesehenes Chlorophyllspectrum kann in diesem Falle aber nicht, wie *Mac Munn* annimmt, von den Pigmenten des Integumentes, sondern nur von unveränderten chlorophyllhaltigen Massen im Darmkanale der Raupe hergerührt haben. Schließlich wurde auch von mir die schützende Färbung der zwischen Tangen lebenden grünen Virbius-Arten als nicht durch Chlorophyll veranlaßt erwiesen[44]). Besonders verdienstlich müßte es jetzt sein, das Antheagrün und die grünen Farbstoffe von Stentor, Raphidiophrys, Heterophrys, Spongilla, Hydra viridis, Idotea viridis, Convoluta Schultzii, Mesostomum viride, Chaetopterus Valenciennesii, Elysia viridis, Actaeon viridis, die chlorophylloïden Farbstoffe in den Lebern von Mollusken, Arthropoden, Würmern und Echinodermen einer ebenso gründlichen Untersuchung zu unterwerfen, als die ist, welche heute über das pflanzliche Chlorophyll vorliegt, und auf Grund derselben das Chlorophyllgrün hier kurz charakterisirt werden soll.

Das afchefreie Chlorophyllgrün befteht nach *Hanfen*'s Analyfen aus 67.60 Th. Kohlenftoff, 10.50 Th. Wafferftoff, 5.34 Th. Stickftoff, 16.55 Th. Sauerftoff und enthält nur fehr minimale Spuren von Eifen, keinen Schwefel. Gleich den Lipochromen widerfteht es einer Verfeifung mit fiedender Natronlauge in wäffriger wie alkoholifcher Löfung und geht, wenn man bei der Extraction der Seife nach *Kühne*'s Methode[45]) verfährt, in den Aetherauszug über; es wird von Alkohol, Aether, fetten Oelen, Chloroform etc. in Löfung gebracht, gibt mit Waffer eine dunkelgrüne Löfung und löft fich auch in concentrirter Schwefelfäure mit fchön fmaragdgrüner Farbe, nicht aber in Schwefelkohlenftoff. Durch Salzfäure entfteht aus dem Chlorophyllgrün eine fpangrüne, in Aether unlösliche Salzfäureverbindung, durch Chlor ein braungelbes Chlorid. Die den Löfungen des Chlorophyllgrüns zukommende blutrothe Fluorescenz fehlt der feften Subftanz, welche Dichroïsmus zeigt. Die Lichtempfindlichkeit des Farbftoffes ift befonders beträchtlich in wäffriger Löfung und in Chloroform. Salpeterfäure löft das Chlorophyllgrün chamoïsfarbig; roth fluorescirend ift die im übrigen gleich gefärbte Löfung diefes Körpers in Aether. Das Spectralverhalten der Umwandlungsproducte durch Salzfäure, Schwefelfäure oder Salpeterfäure ift von dem des unveränderten Chlorophyllgrüns nur durch eine Lageverfchiebung der Abforptionsbänder gekennzeichnet.

Auf die zur Zeit wohl noch keineswegs ganz außer Frage geftellte Symbiofe von Thieren und einzelligen Algen hier näher einzugehen, muß überflüffig erfcheinen, weil diefer Gegenftand von *K. Brandt*[46]) erft ganz kürzlich mit großer Ausführlichkeit behandelt wurde. Nur glaube ich ausdrücklich hervorheben zu follen, daß fämmtliche in *Brandt*'s fonft fo verdienftvoller Arbeit herangezogenen, vermeintlichen Chlorophyllnachweife bei Wirbellofen durchaus nichts befagen, und daß es unftatthaft ift, die Verdienfte von *Geddes* durch die Bemerkung abzufchwächen: «Da aber fchon

längſt durch *Max Schultze* das Vorkommen von echtem Chlorophyll bei Turbellarien und anderen Thieren ſichergeſtellt, und auch ſpäter durch *Sorby* und Andere auf ſpectroſkopiſchem Wege echtes Chlorophyll in Thieren nachgewieſen war, ſo hatte das Ergebniß der Unterſuchung von *Geddes* nichts Ueberraſchendes. Auch *Engelmann* ſoll durch ſeine »ſorgfältigen Unterſuchungen« dargethan haben, daß der »goldgelbe« (!) Farbſtoff der Acanthometriden Chlorophyll iſt. *Capranica* hatte ſeiner Zeit die Farbe des Hühnereierdotters in eine ſchön ſehrothe und die Spectren der Auszüge von Eigelb in die von Extracten aus Hühneraugen verwandeln können[47]), warum vermöchte alſo nicht auch *Engelmann* in einem goldgelben Pigmente ein ſmaragdgrünes zu erblicken? Ich wiederhole hier, was, wie es ſcheint, zwar nur Wenigen zu hören angenehm iſt, daß chlorophyllähnliche Stoffe (Enterochlorophyll *Mac Munn*'s) von mir auch im Lebergewebe zahlreicher Mollusken-, Arthropoden-, Würmer- und Echinodermenſpecies aufgefunden ſind, und daß pflanzliches Chlorophyllgrün durch eine zweckentſprechende Farbſtoffanalyſe bislang noch bei keinem einzigen Wirbelloſen nachgewieſen wurde. Jeder Sachkundige wird zugeſtehen müſſen, daß es ohne ſehr ſorgfältige und eingehende Unterſuchungen ganz unmöglich iſt, manche veritabele Thierpigmente (z. B. Bonelleïn und die zahlreichen Hepatochrome) von dem Chlorophyllgrün mit ſeinen Zerſetzungsproducten auf irgend einem Wege — durch Behandlung mit noch ſo vielen Reagentien oder auch ſpectroſkopiſch — zu unterſcheiden; auf einer großen Literaturunkenntniß beruht es zwar, wenn *Mac Munn* glaubt, ich habe den chlorophylloïden Farbſtoff der gelben Zellen bei Anthea viridis mit dem Antheagrün verwechſelt; bin ich doch der Erſte geweſen, welcher beide Farbſtoffe nicht nur unterſchied, ſondern ſie auch von einander trennen lehrte[48]).

Gelbe und rothe Pflanzenfarbſtoffe.

Zu der Annahme, daß die gelben lipochromatiſchen Pflanzenfarbſtoffe (z. B. das Chlorophyllgelb, die gelben Blüthenfarbſtoffe etc.)

direct aus dem Chlorophyllgrün hervorgegangen ſind oder zu dieſem in irgendwelcher chemiſchen Beziehung ſtehen, reſp. daß ſie unter Aufnahme von Stickſtoff und gleichzeitiger Abgabe von Waſſerſtoff und Sauerſtoff in Chlorophyllgrün übergehen können[49]), liegt gegenwärtig gar kein Grund vor; wir wiſſen vielmehr, daß ſich Lipochrome auch in den Geweben der Thiere, ſelbſt noch bei Vögeln und Säugern ſelbſtändig bilden, daß ſie in chemiſch ganz anderen Subſtanzen als das Chlorophyllgrün iſt, vorgebildet ſein können. Eine gleiche Unabhängigkeit vom Chlorophyllgrün documentiren auch die gewöhnlichen, im Zellſaft gelöſten rothen, blauen wie violetten Blüthen- oder Fruchtfarbſtoffe, welche als Erythrophyll, Anthocyan, Cyanin, Oenolin etc. bezeichnet wurden. Die blauen und violetten Farbſtoffe gehen durch Säuren in den rothen über, und der rothe wird durch Eiſenvitriol wie durch wenig Natriumphosphat violett, auf reichlichem Zuſatz des Natriumſalzes aber blau. Alkalien färben die rothen Löſungen grün, beim nachherigen Neutraliſiren mit irgend einer Säure kehrt aber das urſprüngliche Roth unverändert zurück[50]).

Ein farbloſes Chromogen im Blattparenchym der Aloëarten geht, wie *Hanſen* nachwies[51]), unter Waſſer- und Sauerſtoffaufnahme in ein rothes Pigment über, welches mit dem Violettroth vieler Früchte völlig übereinſtimmt. Die Umwandlung dieſes Chromogenes in den rothen Farbſtoff erfolgt bei Anweſenheit von Waſſer und Sauerſtoff noch nach vorausgegangenem, mehrere Stunden unterhaltenem Trocknen des Blattparenchyms bei 150° *C.*, nicht aber in kaltem oder ſiedendem Alkohol; ein in Waſſer gegoſſener alkoholiſcher Auszug des Parenchyms färbt ſich aber gleichfalls roth, was beweiſt, daß das Chromogen durch den Alkohol nicht zerſtört, ſondern durch dieſen nur an einer Waſſeraufnahme verhindert wurde. Aus dieſen wichtigen Beobachtungen folgt die Unabhängigkeit des Entſtehens der rothen Pflanzenfarbſtoffe von der Anweſenheit des Chlorophyllgrüns.

Wahre und falſche Indigofarbſtoffe.

Subſtanzen der Indigogruppe[52]) finden ſich bei Pflanzen wie bei Thieren. In den ſauren Säften mehrerer Pflanzen, welche

Indigweiß nicht zu löſen vermöchten, findet ſich nach *Schunck* ein Chromogen von Glykoſidnatur, das Indican ($C_{26}H_{31}NO_{17}$), welches ſich durch verdünnte Säuren und Fermente leicht in Indigblau ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) und Indiglucin ($C_6H_{10}O_6$) ſpaltet. Species der verſchiedenſten Pflanzenfamilien werden zur Indigobereitung verwandt und auch aus vielen anderen, darauf noch nicht genauer unterſuchten Pflanzenarten läßt ſich ein dem Indigblau ähnlicher, vielleicht damit übereinſtimmender Farbſtoff gewinnen.

Im Harne der Säugethiere findet ſich oft in reichlicher Menge das ſogenannte Harnindican, d. i. indoxylſchwefelſaures Kalium ($C_8H_6NSO_4K$), hervorgegangen aus reſorbirtem Indol (C_8H_7N), einem Zerſetzungsproducte der Eiweißkörper bei dem Fäulnißvorgange im Darmkanale, und ganz analog dem Indol erſcheint das homolog conſtituirte und gleichfalls bei der Eiweißfäulniß entſtandene Skatol (C_9H_9N) als ſkatoxylſchwefelſaures Kalium ($C_9H_8NSO_4K$) im Harne wieder.

Dem Indigblau verwandt oder damit identiſch ſchien lange der dunkelpurpurrothe Farbſtoff, welcher ſich am Lichte, unabhängig vom Sauerſtoff der Luft, aus einem Chromogene in dem Mantelſecrete von Purpura lapillus und P. patula bildet. Dieſer Farbſtoff, der Purpur der Alten, *Schunck*'s Punicin iſt in Waſſer, Alkohol und Aether unlöslich, in ſiedendem Benzol wie ſiedendem Eiseſſig in geringem Grade und in heißem Phenol wie in kochendem Anilin ſehr leicht löslich. Letztere Löſung zeigt einen breiten Abſorptionsſtreifen zwiſchen C und D. Das Punicin ſublimirt bei 190° *C.* in ſchönen, metallglänzenden Kryſtallen, deren Ränder tief indigblau gefärbt ſind, löſt ſich in conc. Schwefelſäure, bildet aber keine Sulfoſäure, wodurch es vom Indigblau abweicht. Die Schwefelſäurelöſung zeigt einen Abſorptionsſtreifen zwiſchen D und E, wird durch alkaliſche Zinnoxydullöſung reducirt, der Farbſtoff fällt aber aus dieſer Löſung an der Luft wieder aus. Salpeterſäure und Chromſäure greifen das Punicin auch in der Wärme nur langſam

an, Brom verwandelt es in einen, in gelben Nadeln kryſtalliſirenden, in Alkohol löslichen Körper. *Schunck* vermuthet, daß das Punicin ein ſonſt noch unbekanntes Glied der Indigogruppe iſt.

Der violette Körper, welcher ſich unter Lichteinwirkung aus einem gelblichen Chromogene in dem Purpurdrüſenſecrete mehrerer Muriciden bildet, beſteht nach *A.* und *G. de Negri* bei Murex trunculus aus zwei Farbſtoffen, deren einer Indigo ſein ſoll, welchen dieſe Forſcher daraus abgeſchieden haben wollen. Dieſe Schlußfolgerung befindet ſich im Widerſpruche mit den Angaben von *Bizio*, denen gemäß der Purpur von Murex durch conc. Schwefelſäure nicht angegriffen, durch conc. Salpeterſäure goldgelb gefärbt wird. Nach *Bizio* iſt der Farbſtoff in Alkohol, Aether, Waſſer, verdünnten Säuren und kalten Alkalien unlöslich, nur kochende Kalilauge färbt er gelblich. Mir gelang es aus dem Purpurſafte von M. trunculus (in einem gewiſſen Stadium ſeiner Umſetzung) eine wäſſrige violettblaue Farbſtofflöſung zu erhalten, deren Spectrum ein breites Abſorptionsband vor und um E zeigte. Näheres iſt über den Muricidenpurpur nicht bekannt geworden.

Angebliche Anilinfarbſtoffe.

Auch natürliche Anilinfarbſtoffe[53]) will man im Thierreiche aufgefunden haben. Nach *O. Erdmann* ſoll das carminrothe Pigment, welches Monas prodigiosa auf ſtickſtoffhaltigen Nahrungsmitteln bildet, nur in ſeinem Verhalten gegen Salzſäure vom Rosanilin abweichen. Durch die Güte des Herrn Dr. *G. Pfeffer* erhielt ich kürzlich Rahm, welcher von dieſem Schizomyceten befallen war, und überzeugte mich, daß der Farbſtoff in Waſſer unlöslich, in Aether wie Alkohol dagegen leicht löslich iſt. Die alkoholiſche Löſung wurde durch Alkalien entfärbt, beim Neutraliſiren mit Salzſäure das Pigment aber regenerirt. Im trocknen Zuſtande färbte ſich der Farbſtoff mit conc. Schwefelſäure vorübergehend purpurviolett, mit ſtarker, roher Salpeterſäure anfangs gelblich, ſpäter verſchwand die Färbung ganz. Das Spectrum der alkoholiſchen Löſung zeigte drei Abſorptionsbänder: eins hinter D, ein

zweites unmittelbar vor E und ein drittes vor F. Da nun das Fuchfin ein nur einbänderiges Spectrum liefert, der in der Mitte von D und E lagernde Streifen fich mit zunehmender Concentration, befonders nach dem violetten Ende des Spectrums hin rafch verbreitert, fo ift der rothe Farbftoff von Monas prodigiosa unmöglich damit identifch.

Erdmann wies ebenfalls darauf hin, daß die Blaufärbung der von Vibrio cyanogenus befallenen Milch auf einem Farbftoffe beruht, welcher in feinen Reactionen fpeciell demjenigen Anilinblau gleicht, welches *A. W. Hofmann* als Triphenylrosanilin betrachtet. Mir hat fich mehrfach Gelegenheit geboten, diefen Vibrionenfarbftoff auf Leichentheilen, feucht gehaltenem Fibrin zu beobachten und zu unterfuchen. Die Uebereinftimmung desfelben mit einigen Anilinfarbftoffen ift eine auffallende, auch fein fpectrofkopifches Verhalten weicht nur darin von dem Anilinblau ab, daß das Abforptionsband um D bei dem Vibrionenblau ein wenig mehr nach dem violetten Ende des Spectrums verfchoben ift als bei irgend einem der von mir geprüften Sorten von Anilinblau. Ob es fich bei diefem blauen Vibrionenpigmente jedoch thatfächlich um einen Farbftoff aus der Triphenylmethan-Gruppe handelt, vermag nur die Elementaranalyfe desfelben endgültig zu entfcheiden.

Auf Grund weniger, nichtiger Reactionen behauptete *M. Ziegler*, daß die gefärbte Flüffigkeit, welche Aplysia depilans abfondert, eine concentrirte Löfung von Anilinroth und Anilinviolett fei. Er gibt an, daß fich die gefärbte Löfung fehr leicht zerfetzt; fälle man aber den Farbftoff durch Schwefelfäure und nochmals aus der alkoholifchen Löfung durch Kochfalz, fo werde eine Subftanz gewonnen, die fich durch concentrirte Schwefelfäure in ein fchönes Blau verwandele, beim Löfen in Waffer aber wieder violett werde (*Ziegler*'s Anilinviolett). Der bei der Kochfalzfällung in Löfung bleibende Farbftoff durch Gerbfäure abgefchieden, follte (wie Fuchfin), durch Ammoniak entfärbt, durch Effigfäure wieder geröthet werden.

Die Farbstoffe im Aplysiasecrete sind auch von *Moseley* und *Mac Munn* studirt worden. *Moseley's* Aplysiopurpurin ist ein Purpurfarbstoff, dessen alkoholische Lösung ein sehr dunkles Band zwischen b und F zeigt, das sich über E hinaus in ein schwächeres fortsetzt. Beim Ansäuern wird die Lösung schön violett und zeigt dann drei Spectralbänder, indem sich das schwarze zwischen b und F in unveränderter Lage erhält, und an Stelle seiner schwächeren Verbreiterung nach dem Roth zu zwei neue Bänder auftreten, ein schmales unmittelbar vor D und ein breites in der Mitte von D und E. Nach *Mac Munn* löst sich der Aplysiapurpur (sicherlich ein Farbstoffgemisch!) in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und zeigt in wässriger, alkoholischer, ätherischer Lösung wie auch in Chloroform ein ähnliches Spectralverhalten (ein Band vor D und zwei breitere vor E und vor F), welches aber von dem des Aplysiopurpurin *Moseley's* immerhin erheblich abweicht. Durch Natronlauge wird die alkoholische Lösung schwach blau oder grün, und in dem Spectrum der Lösung zeigt sich nur das Band vor D erhalten. Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure wie Salpetersäure färben die alkoholische Farbstofflösung violett, welche dann ein breites, dunkeles Band um D bis E und ein schwächeres vor F aufweist. *Moseley* untersuchte Aplysien vom Cap Vincent und von den Cap-Verdischen Inseln, *Mac Munn* solche von der Westküste Irlands, woraus sich vielleicht einige Differenzen in ihren Angaben erklären. Die spectroskopischen Untersuchungen beider Forscher lehren indeß übereinstimmend, daß bei der Färbung des Aplysiasecretes keine Anilinfarbstoffe in Frage kommen.

Die thierischen Färbungen entstehen in allen bislang betrachteten Fällen einfach in Folge der durch die in den Geweben deponirten festen Farbstoffe oder Farbstofflösungen erfolgenden Absorption einzelner Strahlengattungen des in die Gewebe eindringenden Lichtes. Fallen die nicht absorbirten Lichtbestandtheile durch die farbstoffhaltigen Gewebe hindurch, so erscheinen dieselben farbig durch-

sichtig, werden dieselben dagegen zurückgeworfen, so erscheinen sie farbig undurchsichtig. Beide Male rührt die Körperfarbe von den, bei der Absorption übrigbleibenden Bestandtheilen des weißen Lichtes her, und da in dem zurückgeworfenen Lichte dieselben Strahlengattungen fehlen wie in dem durchgelassenen, nämlich die in den obersten Schichten absorbirten, so muß ein farbig durchsichtiges Gebilde im durchfallenden Lichte dieselben Farben zeigen wie im reflectirten. Die Farbe wechselt hierbei weder unter irgend einem Winkel des einfallenden Lichtes, noch des die Farbe percipirenden Auges. Nur die Oberflächenbeschaffenheit der überliegenden durchsichtigen Gewebsschichten modificirt die Färbung insofern, als bei rauher Oberfläche die Farben mehr oder weniger matt sind, bei glatter hingegen mehr oder weniger glänzend und gesättigter erscheinen.

Die Structurfarben.

Die Fälle, wo den thierischen Färbungen ein Farbstoffkörper zu Grunde liegt, sind zweifellos die theoretisch einfachsten; außer diesen sog. objectiven chemischen Absorptionsfarben, durch welche sämmtliche schwarze und braune, die rothen, orangenen und gelben Farbentöne meistentheils bewirkt werden, kommen, abgesehen von den Fluorescenz- und Phosphorescenzerscheinungen, bei einer vergleichenden Chromatologie der Organismen aber auch noch die objectiven und subjectiven Structurfarben [54]) in Betracht, welche, ausgenommen wenige zweifelhafte Fälle, im durchfallenden Lichte stets andere sind als im auffallenden. Gerade die brillantesten Thierfarben beruhen sehr häufig nicht (oder nicht hauptsächlich) auf der Gegenwart eigenthümlicher, vermöge ihrer chemischen Natur farbiger Stoffe, sondern auf besonderen Structurverhältnissen (Faserung, Streifung, eingeschlossene Lufträume u. s. w.), weshalb sie auch durch rein mechanische Eingriffe (Quetschen, Hämmern, Pulverisiren) verändert oder aufgehoben werden, chemischen Agentien gegenüber, soweit die Structurverhältnisse dadurch keine Abänderung erfahren, dagegen widerstehen. Nirgends in der ganzen

Thierreihe treten die Structurfarben in einer ſolchen Mannigfaltigkeit und ſo überraſchend in ihrem Effecte auf als am Gefieder der Vögel, an welchem wir dieſelben deshalb auch vorzugsweiſe erläutern wollen.

Die objectiven Structurfarben unterſcheiden ſich dadurch von den ſubjectiven, daß erſtere in keiner Weiſe von der Lage des Auges oder der auffallenden Lichtſtrahlen abhängig ſind, während die ſubjectiven Structurfarben unter dieſen beiden Verhältniſſen wechſeln.

Der einfachſte Fall einer objectiven Structurfarbe iſt das reine Weiß, welches durch einen, dem Gewebe eingelagerten undurchſichtigen Körper hervorgerufen wird, der alle Beſtandtheile des auf ihn fallenden Sonnenlichtes in hohem Betrage und in gleichem Maße zurückwirft, wie ſie in dem Sonnenlichte enthalten ſind, der alſo nur kleine Beträge davon abſorbirt. Derſelbe Effect wird oft (z. B. in allen weißen Federn, den weißen Haaren) dadurch erzielt, daß die Gewebe von Lufträumen durchſetzt werden, bisweilen ſo reichlich, daß die feſten Gebilde auf ein zartes Maſchenwerk reducirt ſind.

Viele weiße Färbungen von Thieren ſind als Anpaſſungserſcheinungen gedeutet, andere als zweckmäßig für das darüber verlaufende Chromatophorenſpiel befunden worden. In der That ließe ſich außer dem amorphen Calciumcarbonat kaum eine, in thieriſchen Zellen auftretende Subſtanz ausfindig machen, welche wegen ihrer kreidigen, undurchſichtigen Beſchaffenheit einen paſſenderen Untergrund für ein Spiel von Farbſtoffzellen abgeben könnte als das Guanin[55]), welches Epidermiszellen bei Fiſchen, Amphibien und Reptilien oft ſo maſſenhaft erfüllt. Einer Verallgemeinerung dieſer Idee ſteht aber die Thatſache entgegen, daß bei vielen Thieren (Batrachier, Schlangen) vornehmlich die untere Körperfläche guaninhaltig iſt, nicht die Schauſeite, an der doch allein der Farbenwechſel wirkungsfähig werden könnte. — Wie die kreidigen Par-

tieen in der Haut bei Raupen zu Stande kommen, wiſſen wir noch nicht mit Beſtimmtheit anzugeben, nur ſoviel ſteht feſt, daß dieſelben nicht, wie *Leydig* glaubte, auf Guanineinlagerungen beruhen[56]).

Während das reine Guanin die Hautdecke der Batrachier, Reptilien und Selachier ſtellenweiſe in einen undurchſichtigen weißen Mantel verwandelt, auf welchem die Chromatophoren oder Chromatoblaſten ihr Spiel treiben, verleihen feine Kryſtällchen von Guaninkalk der äußern Haut von Knochenfiſchen den prächtigſten Silberglanz. In der Cephalopodenſklera ſind es ſpindelförmige Kryſtalloïde — deren chemiſche Natur noch nicht aufgeklärt, ſondern nur bewieſen wurde, daß ſie weder aus Uraten noch aus Guanin beſtehen[57]), — welche einen ſehr ähnlichen Eindruck hervorrufen. In wie weit dieſer Silberglanz auf Interferenz oder auf totaler Reflexion beruht, wo alsdann der Guaninkalk ähnlich den mit Luft erfüllten Poren an der Unterſeite der Hydrophiliden, Dyticiden und der Hydrometra wirken würde, bedarf wohl noch eingehenderer Unterſuchungen.

Zu den objectiven Structurfarben zählt fernerhin das helle bis dunkele Blau vieler Vogelfedern (Irena puella, zahlreicher Psittacidenſpecies, Pitta moluccensis etc.) und nackter Hautſtellen bei Vögeln (z. B. bei Casuarius) wie bei Säugethieren (z. B. beim Mandrill). Das phyſikaliſche Zuſtandekommen der intenſiven Blaufärbung in den Hauttheilen wurde noch immer ganz ununterſucht gelaſſen, und wie dieſe Färbungen durch die vielfachen Abſorptionen und Brechungen, welche die das Gewebe treffenden Lichtſtrahlen bis zum Eintritt in die ſchwarze Pigmentlage oder in unſer Auge erfahren, in den Federn der Vögel entſteht, iſt äußerſt ſchwer, aller Wahrſcheinlichkeit nach ganz unmöglich zu erklären. Wir wiſſen nur, daß in allen derartigen Federn der blaue Farbenton genau an der Stelle einſetzt, wo ſich über die, ſtets zu unterſt liegende ſchwarze reſp. braune Pigmentlage eine Schicht von prismatiſchen oder kugeligen Hohlräumen (als l'émail zuerſt von *Fatio*

beſchrieben und als große polygonale Zellen mit gefärbten Kernen gedeutet; *Gadow*'s prismatic cells oder prismatic columns) ſchiebt; meiſt zeigt ſich die Blaufärbung auf die Federäſte beſchränkt, welche an dieſen Stellen jeder weitern Veräſtelung und der Anhänge entbehren, dafür aber breiter und flacher werden.

Einige thieriſche Flüſſigkeiten und durchſcheinende Gewebe zeigen im durchgelaſſenen Lichte einen mehr gelblichen oder röthlichen, im auffallenden Lichte dagegen einen bläulichen Farbenton. Dieſe Farbenerſcheinungen beruhen nach *Brücke* und *Helmholtz* darauf, daß das Licht unter dieſen Umſtänden ein mit ſehr kleinen Theilchen erfülltes Medium paſſirt; das auffallende weiße Licht wird dann nicht gleichmäßig zurückgeworfen, weil die Lichtwellen der verſchiedenen Strahlengattungen ja bekanntlich verſchieden groß und je kleiner dieſelben ſind, deſto bedeutender auch die relative Größe jedes Theilchens, auf das die Lichtwelle auffällt, und deſto größer demnach auch die Reflexion ſein muß. Im zerſtreuten Lichte ſehen wir deshalb das Blau überwiegen und das durchgelaſſene Licht wird da, wo von ihm nur eine kurze Strecke in dem trüben Medium zurückgelegt wurde, gelblich erſcheinen.

In vielen, ſtellenweiſe blauen Papageienfedern liegt (unter Beibehaltung der den blauen Federn charakteriſtiſchen Textur) über der ſchwarzen Pigmentſchicht ein gelb gefärbtes Horngewebe, wodurch die Feder einen, im auffallenden Lichte rein dunkelgrünen Farbenton bekommt. Alle gelben Federn, mögen dieſelben ein gelbes Pigment enthalten oder nicht, zeichnen ſich nach *Gadow*'s Unterſuchungen durch eine ſehr feine Längsſtreifung ihrer Oberfläche aus, bei der die einzelnen Erhabenheiten mehr oder weniger parallel zu einander ſtehen und als gerade verlaufende Linien erſcheinen. Häufig beruht die Gelbfärbung von Federn lediglich auf einer ſolchen Längsſtreifung; ſo z. B. bei den, im auffallenden Lichte gelb, im durchfallenden farblos erſcheinenden Federn von Pitta, bei welchen die Längswülſte nur um ca. 0.0015 mm von





einander abstehen. Die violette Färbung gewisser Federn (z. B. bei Aethopyga und Sturnus) liegt in ähnlichen Verhältnissen begründet, jedoch ist bei diesen die Riffelung eine viel feinere als bei den gelben Federn, und die leistenförmigen Erhebungen scheinen auch nicht geradlinig zu verlaufen.

Nach *Gadow*'s Untersuchungen kommt auch das Grün bei den meisten grünen Federn nicht als Mischfarbe eines gelben Pigmentes und eines durch die Textur bedingten Blau zu Stande, sondern durch eine andersartige Structur. Die grünen Federn besitzen gewöhnlich eine glatte Oberfläche und zwischen den durchsichtigen, äußeren Zellenlagen und dem bald gelben, bald braunen oder nelkenfarbigen Pigmente in der Tiefe befindet sich ein System von Streifen und feinen Grübchen. Je regelmäßiger und paralleler die dadurch entstehenden Furchen angeordnet sind, desto mehr soll das Grün in's Gelbe übergehen. Da pigmentfreie grüne Federn unbekannt sind, sich aber bei allen die eigenthümliche Zwischenstructur findet, so wird man nach *Gadow* nicht annehmen können, daß das Grün oder ein eventuelles Blau rein in der Textur begründet liegt, sondern daß vielmehr die Federn das von dem gelben Pigmente ausgehende Licht dem Grün zu brechen. Vergleiche ich indeß die Zeichnung einer solchen grünen Feder in der Abhandlung *Gadow*'s mit den von mir eingehender untersuchten blauen Federn der Irena puella, so kann ich nicht zugeben, daß sich beide Federn in ihrer Structur erheblich unterscheiden. — Durch ähnliche Lichtreflexe wie in den Federn entsteht zweifellos auch die grüne Hautfarbe der Amphibien (z. B. bei Rana, Hyla arborea) und Reptilien (Chamaeleo, Lacerta etc.).

Ob die blauen Farbentöne, welche man oft in sehr intensivem Grade und ohne begleitendes schwarzes Pigment an Molluskenschalen (z. B. bei Mytilus edulis, Cypraea moneta) auftreten sieht, welche sich aber weder bei durchfallendem und in verschiedenen Richtungen auffallendem Lichte, noch wenn die Gehäuse

zu Pulver zerſtoßen ſind, ändern oder gar verſchwinden, ebenfalls nur in der Structur des Gewebes begründet liegen, vermag die wiſſenſchaftliche Optik unſerer Tage wohl kaum zu entſcheiden. Mir gelang es nicht, mich in dieſen Fällen von der Anweſenheit eines Farbſtoffkörpers direct zu überzeugen, geſchweige denſelben aus den Schalen zu extrahiren, wobei allerdings eine vorherige Beſeitigung der Kalkſalze durch Säuren nicht umgangen werden konnte.

Die ſubjectiven Structurfarben ſind ſolche, welche wechſeln mit der Stellung des einfallenden Lichtes und des beobachtenden Auges. Dieſe zerfallen in zwei Gruppen, 1) in die Interferenzfarben und 2) in die prismatiſchen Disperſionsfarben.

Die Interferenzfarben werden hervorgebracht durch eine äußerſt feine Streifung oder auch durch ſchichtenweiſes Abwechſeln von dünneren und dickeren Gewebslamellen reſp. von zarten Häuten und eingeſchloſſenen Lufträumen. Die metalliſch glänzenden Farben der Schlangenſchuppen, der Schmetterlingsflügel, der Schwingplättchen bei den Rippenquallen, der Calyptren einiger Käfer (Curculioniden, Hoplia farinosa) verdanken einer feinen Streifung ihre außergewöhnliche Farbenpracht. Sehr ſchön zeigen ſich «die Farben der geſtreiften Oberflächen» am ſog. Perlmutter der Molluskenſchalen. Hier ſind es ausnehmend dünne Lagen, welche, wenn man ſie beim Poliren der Schale durchſchneidet, ihre Ränder und dazwiſchen die für das Zuſtandekommen der Interferenzerſcheinungen erforderlichen kleinen und regelmäßigen Furchen zeigen. *Brewſter* lieferte den entſcheidenden Beweis, daß das Iriſiren des Perlmutters dem mechaniſchen Zuſtande der Schalenoberfläche zuzuſchreiben iſt, dadurch, daß er ein iriſirendes Schalenſtück in ſchwarzes Siegellack abdrückte, worauf dieſes mit den Furchen auch die Farben des Perlmutters wiedergab.

Als Interferenzfarben betrachtet *Brücke* auch das an den Edelopal erinnernde Opaliſiren der Haut von Cephalopoden, welches

unter den mittelländischen Species besonders schön an Sepiola Rondeletii beobachtet werden kann. «Es ist mir nicht zweifelhaft», sagt *Brücke*, «daß diese Farben Interferenzfarben dünner Blättchen sind. Erstens spricht dafür der außerordentliche Glanz und die Lebhaftigkeit der Farben, und zweitens der Umstand, daß alle Farben, welche hier vorkommen, einer bestimmten Abtheilung der Farbenscala entnommen sind; es sind nämlich keine anderen als die des dritten *Newton*'schen Ringsystemes, welche vom Violet aufwärts bis zum Roth vollständig und in allen Abstufungen vertreten sind. Namentlich waren an meinem Exemplare häufig blaue, meergrüne, grasgrüne und gelbgrüne Flittern. Man muß sich erinnern, daß, wenn wir mit unseren zusammengesetzten Mikroskopen die Gegenstände bei durchfallendem Lichte untersuchen, unsere Netzhaut kein Bild derselben im gewöhnlichen Sinne des Wortes empfängt, sondern der Schatten des Objects auf sie geworfen wird. Wenn nun auch der Effect der Beugung bei größeren Gegenständen so gering ist, daß er nicht wahrgenommen wird, so kann er doch bei einem so kleinen Objecte, wie das in Rede stehende, die optischen Eigenschaften desselben sehr wohl verdecken. Vielleicht mochte auch die Intensität der im durchfallenden Lichte interferirenden Wellenzüge so verschieden sein, daß die Farbe an sich nur sehr schwach ausfallen konnte. Deshalb sah man die Flittern, wenn sie von unten beleuchtet waren, nur als einzelne helle, matt gelbliche oder bräunliche Punkte, von einem dunkleren Rande umgeben.» Eine Nachforschung über das Entstehen der irisirenden Farben an der Haut von Sepiola Rondeletii haben mir[58]) indeß gezeigt, daß dieselben nicht, wie *Brücke* will, durch zahllose, sehr kleine, der Haut eingestreute Flitterchen, sondern durch eine feine Riffelung von Zellen bewirkt werden, und diese Erscheinungen somit physikalisch ganz die nämlichen sind, wie an den Schuppen der Schlangen, Lepidopteren und Curculioniden.

Die Schillerfarben weißer und grauer Federn (z. B. bei Tauben),

welche ſich beim Uebergange von der ſenkrechten zur ſtreifenden Incidenz von Roth in Grün oder von Grün in Roth ändern, und, wenn man die Feder (am beſten mit Alkohol) benetzt, verſchwinden, beim Trocknen aber wiederkehren, hält *Brücke* für Farben dünner Blättchen, welche als ſolche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Uebergang von Licht aus der Luft in einen feſten Körper, die andere beim Uebergang von Licht aus einem feſten Körper in Luft entſteht. Auch die Schillerfarben beim Chamäleon entſtehen nach *Brücke* wie die Farben der *Newton*'-ſchen Ringe; «bei dieſen iſt der Abſtand der reflectirenden Flächen ſehr ungleichmäßig, ſodaß das Mikroſkop an einer und derſelben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweiſt. An den Taubenhalsfedern iſt dies in geringerem Grade der Fall, ſo daß eine Farbe ſtets die Hauptfarbe iſt, neben der nur hier und da andere auftreten. Für die mikroſkopiſche Unterſuchung, bei der zunächſt die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnißmäßig kleine Winkel machen, iſt die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meiſten Zellen grün, die des durchfallenden roth».

Weit reſervirter äußert ſich *Brücke* über das Zuſtandekommen des Metallglanzes an den Pfauenfedern. Dieſe Federn «verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja ſelbſt durch Kochen in Terpentinöl werden ſie nicht zerſtört, ſondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert; legt man das mit dem ſog. Auge verſehene peripheriſche Ende einer ſolchen zwiſchen ſich und eine Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die ſich um eine verticale Axe dreht, ſo wird man finden, daß die Farben durch alle Phaſen der Drehung dieſelben bleiben; hebt oder ſenkt man aber die Feder, dann ändern ſich die Farben ſofort; ſie ſind alſo unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Uebergange aus der ſenkrechten in die ſtreifende Incidenz verändert ſich Grün durch Blau in Purpur und andererſeits Kupferroth in Grün». *Brücke* verſuchte, dieſe Erſcheinungen ebenfalls

nach dem Princip der dünnen Blättchen zu deuten; ich muß jedoch dagegen einwenden, daß nach Entfernung des ſchwarzen Pigmentes durch Kaliumchlorat und Salzſäure die metallglänzenden Partieen der Pfauenfedern (bei ſtarken Vergrößerungen betrachtet) ſehr wohl eine feine Streifung erkennen laſſen, und ſich ihre Metallfärbung deshalb doch vielleicht nach dem Princip der iriſirenden Knöpfe erklären dürfte; jedenfalls ſind die regelmäßigen Furchenſyſteme an der Oberfläche für das Entſtehen des Metallglanzes in dieſem Falle von der größten Bedeutung.

Die Betrachtung der Structurfarben und der pigmentöſen Einlagerungen umgreift die thieriſchen Färbungen insgeſammt. Fälle, wo ſich die Gewebsſubſtanz ſelbſt aus einer farbigen Maſſe aufbaut, ſind denkbar, aber kaum realiſirt. Die gelben Horngebilde, die ſchwarzen Antipathidenſtämme verdanken ſicherlich diffus vertheilten Farbſtoffen ihr Colorit, und daß keine an ſich rothe Muskeln exiſtiren, wie ſolches noch *Pouchet*[59]) annahm, ſondern nur mit Hämoglobin oder einem anderen rothen Pigmente imprägnirte, iſt heute jeder weiteren Discuſſion enthoben.

Ein guter Theil der aus Organismen in reinem Zuſtande künſtlich abgeſchiedenen Subſtanzen fällt auf die thieriſchen und pflanzlichen Pigmente; allerdings nur von wenigen derſelben iſt die chemiſche Conſtitution erforſcht und außer Frage geſtellt, und ihre Beſprechung ſchließt deshalb ein chemiſches Hand- oder Unterrichtsbuch für gewöhnlich ab. In der Phyſiologie gebührt den Pigmenten jedoch eine höhere Rangſtellung, — eben deshalb, weil nur wenige andere, ſich an dem Aufbaue der lebenden Weſen betheiligenden Stoffe einer wiſſenſchaftlichen Behandlung verhältnißmäßig ſo leicht zugängig, die Kenntnißnahme von der chemiſchen Natur der Farbſtoffe gegenwärtig durch weit mehr Mittel ermöglicht iſt als z. B. die der Eiweißkörper, ja ſelbſt der Kohlehydrate. Die ſpectralanalytiſchen Unterſuchungen mit allen ihren Feinheiten, die Reinigungsverfahren in ihrer, noch vor wenigen Jahren un-

geahnten Vollkommenheit, charakteriſtiſche Reactionen geben heutzutage unzählige Mittel an die Hand, die Pigmente mit einer Vollſtändigkeit zu iſoliren und uns von ihrem Intactſein zu überzeugen wie bei nur wenigen anderen, aus der lebendigen Werkſtatt hervorgegangenen Verbindnngen.

Vergleichen wir die Farbenphyſiologie von heute mit der weniger Jahre zuvor, ſo ſehen wir die Zahl der pflanzlichen Pigmente gegen damals erheblich vermindert, die der thieriſchen Farbſtoffe dagegen um ein Beträchtliches vermehrt. Was mit unzureichenden Mitteln unterſucht, ſich als zahlreich ergeben haben ſollte, wurde auf ein Minimum reducirt, und man begreift nicht mehr, wie *Hoppe-Seyler* noch im Jahre 1881 den vierten Theil ſeiner phyſiologiſchen Chemie mit dem Satze eröffnen konnte: «Die große Mannigfaltigkeit und der Reichthum an verſchiedenen chemiſchen Producten, welche in den Lebensproceſſen der Pflanzen entſtehen, finden in den Thieren nicht ihresgleichen». Ein kaum mehr als zehn Thiere umfaſſendes Wiſſen ſtellt hier *Hoppe-Seyler* der jahrhundertelangen Erfahrung gegenüber, welche z. Th. ſchon ſeit der Zeit des *Theophraſt* oder *Dioscorides* datirt und jetzt Tauſende von Vertretern des Pflanzenreiches umfaßt. Wie kann es darum nur wunderbar erſcheinen, daß gegenwärtig mehr Stoffe pflanzlicher als thieriſcher Herkunft bekannt ſind, und wie nur Jemand ſich erkühnen, dieſes zu einem Axiom zu geſtalten, welches auf ſeine Richtigkeit zu prüfen, vor mir noch keiner ernſtlich gewillt war. Das Folgende, bei welchem wir rein ſyſtematiſch vorgehen wollen, wird uns eine Anſchauung davon zu geben vermögen, was in der Bildung von Pigmenten, der am beſten charakteriſirten Stoffwechſelproducte alſo, auch der Thierkörper zu leiſten vermag, und daß dieſer in ſeinem productiven Können hierin keineswegs dem pflanzlichen Organismus nachſteht.

Indem wir, ſoweit es eben der gegenwärtige Stand unſerer Kenntniſſe geſtattet, die Urſachen der Färbung bei ausgewählten

Repräsentanten der einzelnen Thierclassen jetzt kurz erläutern wollen, übergehen wir dabei die durch das Hämoglobin veranlaßten Pigmentationen, weil diese schon in meinem ersten Vortrage Berücksichtigung fanden, und berühren auch die lipochromatischen und chlorophylloïden Farbstoffe nur in den Fällen, wo dieselben zu weiteren Betrachtungen Veranlassung geben; Lipochrome finden sich mit sehr geringen Ausnahmen in der Thierreihe überall vor, und über die chlorophylloïden Farbstoffe läßt sich, wie ich bereits bemerkte, erst wenig Bestimmtes aussagen, weil man bis vor Kurzem das Verhalten des pflanzlichen Chlorophylls nicht einmal kannte, und um über das Vorkommen des Chlorophylls schlüssig zu werden, eine Untersuchung nach *Kühne*'s Verseifungsmethode unumgänglich nöthig, solche aber bislang nur von mir in vereinzelten Fällen an Farbstofflösungen von Wirbellosen ausgeführt worden ist.

Farbstoffe der Protozoën.

Den auf niedrigster Stufe der Organisation stehenden Lebewesen[60]), den Schizomyceten und Myxomyceten, scheinen die Lipochrome noch zu mangeln; ganz andersartige blaue, rothe und gelbe Pigmente treten hier in Wirksamkeit, über welche Repräsentanten höherstehender Thierclassen gar nicht mehr verfügen. Wie ich gleichfalls schon in meinem ersten Vortrage hervorhob, stoßen wir bei diesen Formen, besonders in Betreff der blauen Pigmente, auf Differenzen, deren genauere Kenntniß für eine allgemeine Biologie sehr werthvoll sein müßte. Den von sehr verschiedenartig geschulten und interessirten Forschern gemachten Angaben läßt sich wenigstens schon jetzt soviel entnehmen, daß *Fordos*' und *Lücke*'s Farbstoff des blauen Eiters sowohl von *Erdmann*'s blauem Vibrionenpigmente, wie auch von *Neelsen*'s Farbstoffe der blauen Milch chemisch erheblich abweicht. Doch schon bei den Flagellaten addiren sich einem, dem Chlorophyllgrün ähnlichen Farbstoffe chlorophan- wie rhodophanartige Lipochrome hinzu.

Durch die Güte des Herrn Geheimerath *Kühne* bin ich in der Lage, Ihnen in dieser Hinsicht statt weitläufiger Referate das Er-

gebniß einer vollſtändigen Farbſtoffanalyſe mitzutheilen. Meine Unterſuchung betrifft einen alkoholiſchen Auszug von Euglena sanguinea, welchen Herr Profeſſor *Bütſchli* angefertigt hatte. Derſelbe wurde nach *Kühne*'s Methode verſeift und bei dem nachherigen Behandeln der Seife mit Petroläther, Aether und Eſſigäther 1) ein gelber, chlorophanartiger Farbſtoff erhalten, der auch ohne vorheriges Ausſalzen der Seife mit Kochſalz vollſtändig in Petroläther überging, 2) ein ſpectroſkopiſch als Rhodophan charakteriſirter Körper, aus der Seife direct nur durch Eſſigäther zu extrahiren, mit ſchön purpurvioletter Farbe in Schwefelkohlenſtoff löslich, und 3) ein gelbgrünes Pigment, welches ſich weder mit Petroläther noch Aether der wäſſrigen Flüſſigkeit entziehen ließ, in welche es nach dem Ausſalzen der Seife übergegangen war. Das Spectrum dieſer Löſung zeigte zwei Abſorptionsſtreifen (einen hinter C, den anderen hinter D), was ebenſo wie das chemiſche Verhalten auf ein Zerſetzungsproduct von Chlorophyllgrün hinweiſt. Ein ſicherer Anhaltspunkt für dieſe Muthmaßung wird vorausſichtlich aber nur an Euglena viridis zu gewinnen ſein, über deren Farbſtoff die vom Fürſten *Salm-Horſtmar* mitgetheilten Reactionen allein nichts ſchließen laſſen. Daß in Euglena sanguinea ein an verſeifbares Fett gebundener rother Farbſtoff vorkommt, hatte ſchon *v. Wittich* bemerkt und dieſen von dem begleitenden chlorophylloïden Körper auch zu trennen vermocht; doch die beiden lipochromatiſchen Farbſtoffe blieben in ſeinen Löſungen vereinigt, und es iſt deshalb auch unmöglich anzugeben, ob die granatrothen, durch Chlor nur die Farbe verlierenden, nicht die Form verändernden Octaëder, welche er erzielte, auf das chlorophan-, rhodophanartige Pigment, das choleſtearinähnliche Zerſetzungsproduct beider oder vielleicht nur auf anderweitige Verunreinigungen der Farbſtoffe zu beziehen ſind.

Hanſen und ich haben uns wiederholt bemüht, rhodophanartige Farbſtoffe auch im Pflanzenreiche nachzuweiſen; es iſt uns aber bislang nicht gelungen. Wir können zwar nicht behaupten,

auch nur einen nennenswerthen Theil der vegetabilifchen Gebilde in Unterfuchung gezogen zu haben, bei welchen der Augenfchein die Anwefenheit von Rhodophanen wahrfcheinlich macht; allein die von uns getroffene Auswahl dürfte eine folche gewefen fein, daß unfer negatives Refultat wenigftens den Schluß erlaubt, daß rhodophanartige Lipochrome im Pflanzenreiche außerordentliche Seltenheiten find, wodurch natürlich nicht ausgefchloffen bleibt, daß fie hier ganz fehlen. Die gewöhnlichen rothen Blüthen-, Blätter-, Frucht- und Stengelfarbftoffe find, wie wir gezeigt haben, überhaupt keine Lipochrome, und was von rothen, pflanzlichen Lipochromen (z. B. das Carotin, die Saffranfarbftoffe) bislang unterfucht wurde, ergab fich fpectrofkopifch immer als der Chlorophangruppe angehörig. In den rothen Augenpunkten der Flagellaten präfentirt fich uns, foviel wir wiffen, das Rhodophan zum erften Male; durch alle Claffen des Thierreiches, bei der einen Species fehlend, bei einer andern um fo reicher entwickelt, wird es uns von jetzt ab bis zu den Vögeln hinbegleiten, in deren Retina es am längften beharrt; denn ift das Rhodophan bei den höher organifirten Wirbelthieren erft aus dem Sehorgan verfchwunden, dann hat der Organismus feiner auch fo gut wie ganz entfagt.

Den Stand unferer Kenntniffe über die Farbftoffe der Rhizopoden refumirt *Bütfchli* in folgenden Sätzen: «Bei marinen Rhizopoden find namentlich die feinkörnigen, intenfiv rothen bis gelblichrothen und gelbbraunen Pigmente fehr verbreitet und verleihen durch ihre reichliche Anhäufung diefen Formen meift eine mehr oder minder intenfive Färbung. Befonders reichlich find fie in den älteren Kammern der Polythalamen angehäuft. Die genauere Unterfuchung diefes Farbftoffes fowie der Farbftoffbläschen bei Polystomella und Gromia durch *M. Schultze* (Ueber den Organismus der Polythalamien nebft Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854) ergab, daß es fich hier um einen dem Diatomin entfprechenden Körper handelt, und leitet ihn von der vorzugsweife aus

Diatomeen beſtehenden Nahrung her. Die Richtigkeit dieſer Auffaſſung ergab ſich auch noch daraus, daß ſich in hungernden Polystomellen der Farbſtoff ſehr verminderte, wogegen reichliche Fütterung ihn bald wieder vermehrte. Auch Süßwaſſerformen weiſen nicht ſelten ähnliche Pigmente auf. So findet ſich ein ähnliches diatominartiges Pigment häufig bei Pseudochlamis patella, ein tief violettes bei Amphizonella violacea *Greeff*. Ein zinnoberrothes, zuweilen in's Braunrothe und Grünliche gehendes iſt charakteriſtiſch für Plakopus ruber *F. E. Schulze* und ſoll wahrſcheinlich aus dem Chlorophyll der Nahrung hervorgehen, wie ja ähnliche Umwandlungen gefreſſener Chlorophyllmaſſen zu gelben bis braungelben Maſſen z. B. auch von *Auerbach* (Zeitſchr. für wiſſenſch. Zoologie. Bd. VII) bei Cochliopodium bilimbosum beobachtet wurden. Chlorophyll ſelbſt, als endogenes Erzeugniß des Rhizopodenkörpers, iſt mit Sicherheit kaum bekannt, es ſcheint ſich hier faſt durchaus um als Nahrung aufgenommenes Chlorophyll zu handeln. Doch iſt eine der beſchriebenen Varietäten der Dactylosphaera vitreum *H.* u. *L.* mit grünen Körnern reichlich gefüllt, während die andere Varietät ähnliche gelbe Körper zeigt. Zahlreiche Chlorophyllkörner enthalten auch eine Art oder Varietät von Cochliopodium, ſowie ſehr häufig auch die Difflugien (*Carter*, Ann. and mag. of nat. hist. 3 Ser. Bd. XIII)».

Ich vermag dem nichts Genaueres oder Beſtimmteres hinzuzufügen, und auch in Betreff der Infuſorien iſt nichts Wichtigeres zu verzeichnen. Nur mit dem blauen Farbſtoffe aus Stentor caeruleus wurden von *Ray-Lankeſter* einige Verſuche angeſtellt, welche Folgendes ergaben: Das Spectrum des blauen Stentorins zeigt zwei Abſorptionsbänder, ein dunkleres an der rothen Seite von C und ein ſchwächeres zwiſchen D und E. Der Farbſtoff wird von Eſſig-, Salz- und Schwefelſäure nicht angegriffen, Kalilauge macht ihn dunkler, löſcht das Band im Spectrum zwiſchen D und E aus und läßt das andere, jetzt etwas nach B verſchobene Band

ſtärker hervortreten. — Im Ectoplasma von Vorticellen fand *Engelmann* einen grünen Farbſtoff (Chlorophyll?) diffus vertheilt, der die Thiere befähigt im Lichte Sauerſtoff auszuſcheiden und ein eigenes Erzeugniß des Vorticellenkörpers zu ſein verſpricht.

Farbſtoffe der Cölenteraten.

Unter den Cölenteraten[61]) findet ſich ſchon bei den Spongien eine reichhaltige Pigmentirung. Verſchiedenartigen gelben und rhodophanartigen Lipochromen verdankt eine große Anzahl von Schwämmen (Suberitiden, Myxilla, Clathria etc.) ausſchließlich ihre, oft ſehr intenſive Färbung, welche, je nachdem chlorophan- oder rhodophanartige Pigmente in den Geweben vorherrſchen, gelb, orange oder ſatt roth erſcheint; bei keiner einzigen, daraufhin unterſuchten Salzwaſſerſpongie wurden Lipochrome ganz vermißt. Bei Aplyſiniden geſellt ſich den Fettfarbſtoffen ein gelbes Uranidin hinzu, und auch die Schwärzungen vieler Cacoſpongien beruhen wohl ebenſo wie die Verfärbung, welche das alkoholiſche Extract von Hircinia spinosula bei der Verſeifung erfährt, auf der Bildung melanotiſcher Zerſetzungsproducte von Uranidinen. Ein ſchwärzliches Pigment maskirt einen gelben Fettfarbſtoff bei den Gummineen (Chondrosia), und bei einigen Renièraſpecies werden die Lipochrome durch Floridine völlig unſichtbar gemacht, während z. B. bei Renièra aquaeductus auch ſie es ſind, welche die Färbung dieſer Spongie ausſchließlich bedingen und zwiſchen gelb, orange und roth variiren laſſen.

Die rothen Floridine der Renièren und der Hircinia variabilis zeigen in ihrem chemiſchen Verhalten manche Uebereinſtimmung mit rothen pflanzlichen Blüthen- und Fruchtfarbſtoffen, auch wohl mit rothen Algenpigmenten. Sie löſen ſich nur in Waſſer und Glycerin (bisweilen mit prächtiger Fluorescenz), und ihre Löſungen entfärben ſich meiſt leicht unter Sauerſtoffabgabe, ohne aber einer Rückverwandlung bei Sauerſtoffzufuhr unzugängig zu werden. Ich habe früher mehrere Gründe geltend gemacht, welche mich beſtimmen, dieſe Pigmente als thiereigene Producte

zu betrachten, und halte daran um ſo mehr feſt, als das Hämerythrin in den hämolymphatiſchen Körperchen der Sipunculiden den Floridinen nicht fern zu ſtehen ſcheint, und jenem analog functionirende Pigmente bei Pflanzen zur Zeit noch unbekannt, bei Thieren hingegen weit verbreitet ſind. Ob den einzelnen, ſpectroſkopiſch gut gekennzeichneten Floridinen, ſpeciell dem kirſchrothen Farbſtoffe der Reniëra purpurea ſich auch das von *Moſeley* unterſuchte Roth von Poliopogon Amadou anſchließen wird, läßt ſich den Angaben dieſes Forſchers nicht entnehmen.

Bei Protozoën wie Spongien erlaubt — abgeſehen von den quantitativ differirenden Färbungen zwiſchen Rinden- und Markſubſtanz (z. B. bei Steletta, Chondrosia, Tethya) — außer der Farbſtoffanalyſe nur eine mikroſkopiſche Prüfung die Sonderung einzelner, verſchieden localiſirter Pigmente. Bei den Anthozoën tritt das ungleichartige Colorit einzelner Theile aber ſchon in ſo hohem Maße hervor, daß hier eine anatomiſche Trennung der ſtark und verſchieden tingirten Organe einer nachfolgenden Farbſtoffanalyſe weſentliche Dienſte leiſten kann; von dieſem Vortheile haben allerdings nur wenige Forſcher Gebrauch gemacht und wie bei den Protiſten und Spongien auch bei den Actinien noch die geſammten Thiere der Extraction unterworfen.

Bei den Alcyonarien ſind es bald verkalkte Axenſkelete (Coralinen, Milithaeaceen), bald die das Axenſkelet überziehende, aus Körpern des Cönenchyms gebildete Kalkrinde (Gorgoniden), bald die Einzelthiere allein (Alcyoniden, Pennatuliden), welche durch eine ſtärkere Pigmentirung hervorſtechen.

Schon *Trommsdorff* gab an, daß bei der Edelcoralle das feurige Roth nicht, wie viele vor und nach ihm angegeben haben, auf Eiſenoxyd, ſondern auf der Gegenwart eines in Terpentinöl, und wenn es dadurch aus der Kalkmaſſe erſt einmal ausgezogen iſt, auch in Alkohol und Aether, nicht aber in Kali löslichen Harzes beruhe. Meine diesbezüglichen Unterſuchungen haben er-

geben, daß *Trommsdorff*'s Ansicht insofern eine richtige ist, als der die Färbung bedingende Körper ein sog. Fettfarbstoff ist, der mit den Lipochromen das Verhalten zu conc. Schwefelsäure und starker Salpetersäure theilt, sich aber von diesen durch seine Resistenz den lipochromatischen Lösungsmitteln gegenüber und durch das uncharakteristische Spectralverhalten dieser Lösungen unterscheidet. Ich stelle denselben deshalb zu den Lipochromoïden, denen auch die gelben und rothen Pigmente im Axenskelete der Melithaeen sowie die dunkelvioletten in der Rindenschicht der Leptogorgien und die gelben, orangenen und rothen Rindenfarbstoffe anderer Gorgoniden zuzurechnen sind. Sämmtliche hier namhaft gemachten Pigmente färben sich mit conc. Schwefelsäure wie mit conc. Salpetersäure blau, und daß sie auch als Lipochrome einstmals vorgebildet waren, scheinen die Spuren von letzteren anzudeuten, welche man ziemlich regelmäßig findet, wenn man frische Gebilde untersucht. Es ist sehr merkwürdig, daß die Lipochrome nur ganz bestimmter Vorkommnisse (in pflanzlichen Gebilden, so viele ich deren auch untersuchte, nur in den Blüthenblättern einiger Compositen, in Federn nur [aber hier bei fast allen Species] bei Papageien und außerdem noch in den Schalen der Mollusken) zu einer Umwandlung in diese unlöslichen und spectroskopisch schlecht markirten Producte (Lipochromoïde und Melanoïde) incliniren. Die Meinung, daß es sich bei den Lipochromoïden vielleicht nur um Gemische von andersartigen Farbstoffen mit Lipochromen handelt, ist endgültig dadurch widerlegt, daß ich auch nach gründlicher Extraction der entkalkten und durch Pepsin wie Trypsin angedauten Gewebe mit den verschiedenartigsten lipochromatischen Lösungsmitteln an den gefärbten Rückständen noch immer die Schwefel- wie Salpetersäurereaction erhielt. Am überraschendsten war für mich dieses Resultat bei dem violetten Gorgonidenfarbstoffe, aber auch für diesen dürfte sich das Räthsel lösen, wenn man darauf ausgehen wird, die *Vauquelin*'sche Angabe[62]) näher zu verfolgen.

der gemäß bei einer rothen Madrepore ein durch Alkali violett werdendes rothes Pigment aufgefunden wurde. Der Analyse von *Witting*[63]), welche für die käuflichen rothen Corallen einen Gehalt von 4,25 % Eisenoxyd angibt (über viermal mehr, als *Vogel*[64]) fand), werden erhebliche Fehlerquellen anhaften; zweifellos ist das Eisen bei der Färbung der rothen Edelcoralle weder direct noch indirect (als Bestandtheil des rothen Lipochromoïds, wie z. B. *Schloßberger* vermuthete) irgendwie betheiligt; denn in stark rothen Exemplaren traf ich nur so minimale Mengen von Eisen an, daß eine quantitative Bestimmung derselben gar nicht auszuführen war.

Die weichen, von zahlreichen Ernährungskanälen durchzogenen Achsencylinder der Melithaea ochracea und verwandter Species zeigen bald eine gleichmäßige zinnoberrothe oder ockergelbe, bald außen eine rothe und innen eine gelbe oder aber außen eine gelbe und innen eine rothe Färbung. Nur insofern scheint bei dieser Pigmentirung eine Uebereinstimmung zu herrschen, als sehr starke alte Stöcke gewöhnlich gelb sind. Diese Farbenverschiedenheiten lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß zwei Lipochromoïde (ein rothes und ein gelbes) in dem Achsenskelete der Melithaea vorkommen, von welchen das rothe, sei es durch Zersetzung oder daß es stellenweise überhaupt nicht abgelagert wird, bisweilen ausfällt.[65])

Den blauen Farbstoff von Heliopora caerulea untersuchte *Moseley*, und bei mehreren Zoantharien (Flabellum variabile, Fungia hymmetrica, Stephanophyllia formosissima etc.) wie auch bei einer Cassiopeia der Tiefsee fand derselbe ein in Wasser, Glycerin, Alkohol und Aether wie auch in starkem Ammoniak und Kalilauge unlösliches krapprothes Pigment, welches aber nach Behandlung mit starker Salz-, Salpeter- oder Schwefelsäure rothbraun gefärbte wässrige wie alkoholische Lösungen lieferte, die bei gewissen Lichtstellungen grün erschienen, also dichroïtisch waren. Das Spectrum des genuinen festen Farbstoffes besaß drei

Absorptionsbänder von ziemlich gleicher Stärke; eins hinter C, ein zweites unmittelbar vor D und ein drittes vor E. Die Spectren der sauren Lösungen wiesen dagegen nur zwei Bänder auf, das eine dicht vor D und das andere zwischen D und E, näher an D; letzteres verbreiterte sich bei zunehmender Concentration besonders nach E hin. Diesen Farbstoff nannte *Moseley* Polyperythrin; es soll derselbe durch Alkalien aus den sauren Lösungen in dunkelbraunen Flocken niedergeschlagen werden und sich dann spectroskopisch wieder wie der natürliche Farbstoff verhalten. Indem ich in Betreff der unzureichenden Beobachtungen *Moseley*'s über die Farbstoffe einer Adamsia der Tiefsee und einer Coenopsammia von St. Vincent auf das Original selbst verweise, sei noch der Untersuchungen dieses Forschers über das Actiniochrom gedacht. Es ist dieses der dunkelrothe Farbstoff von Bunodes crassicornis, den *Mac Munn* auch bei Actinia mesembryanthemum, Uraster rubens und in der Hypodermis von Homarus vulgaris angetroffen haben will. Ein Lösungsmittel für das Actiniochrom wurde nicht gefunden; es zeigt dasselbe aber ein charakteristisches Spectralband, ähnlich situirt wie das des reducirten Hämoglobins. Das Purpuridin des Cerianthus membranaceus löst sich in ammoniakalisirten, kaum in saurem Wasser und ist in den lipochromatischen Lösungsmitteln ganz unlöslich; sein spectroskopisches Verhalten zeigt nichts, was zu seiner Erkennung beitragen könnte.

Aus Anthea Cereus var. smaragdina extrahiren sich durch Alkohol mehrere Pigmente, von denen mindestens das Eine ausnehmend rasch Veränderungen unterliegt, welche an der, zwar sehr unregelmäßigen Verlagerung der Absorptionsbänder spectroskopisch leicht zu verfolgen sind. Im schroffen Gegensatze zu den wechselvollen spectroskopischen Bildern, welche die Auszüge der Tentakeln oder der ganzen Antheen darbieten, steht das spectroskopisch übereinstimmende Verhalten der alkoholischen Extracte, welche aus den Entodermgebilden des Antheakörpers nach Abtrennung der Tenta-

keln gewonnen werden, und welches auf die Farbſtoffe der ſog. gelben Zellen zu beziehen ſein wird.

Ueber die blauen, in Waſſer löslichen, in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln aber unlöslichen Farbſtoffe der Meduſen lauten die Angaben der einzelnen Unterſucher ſo übereinſtimmend, daß anzunehmen iſt, es handle ſich ſowohl bei Velella wie auch bei Rhizostoma, Aurelia und Cyanea um den gleichen Farbſtoff, um Cyaneïn. Entgegen der Angabe *de Negri's* wird zweifellos auch der blaue Farbſtoff der Velella ein Bandenſpectrum zeigen und die meine Beobachtungen bemeiſternden und davon abweichenden Angaben *R. Blanchard's* beruhen nur darauf, daß dieſer, der deutſchen Sprache nicht hinreichend mächtig, meine Abhandlung ſtellenweiſe nicht verſtanden und die Reagentien in einer andern Concentration als ich angewendet hat. Der gelbbraune Farbſtoff der Chrysaora ſoll nach *Merejkowsky* in Waſſer (vorzugsweiſe in ſiedendem) gleichfalls löslich ſein, das Spectrum desſelben nach *Mac Kendrick* aber keine Abſorptionsbänder aufweiſen.

Farbſtoffe der Echinodermen.

Von den Epidermoïdalpigmenten der Echinodermen[66]) wurden unterſucht das Comatulin (der rothe Farbſtoff der Comatula mediterranea), das Antedonin, das purpurfarbene und das rothe Pentacrinin (Pigmente von Pentacrinusformen der Tiefſee), die Farbſtoffe in der Haut von Holothuria Poli, verſchiedener Aſteriden und der kalkreichen Schalen und Stacheln von Echiniden.

Das Comatulin iſt ein, in verdünntem Alkohol wie in Waſſer leicht löslicher Körper, der aber von abſolutem Alkohol, Aether, Chloroform nicht aufgenommen wird; am Lichte verwandelt es ſich in braune und gelbe Materien, welche ſich im Uebrigen von ihm wenig unterſcheiden und in den gleichſinnig gefärbten Comatulavarietäten natürlich vorzukommen ſcheinen. Als Antedonin wurde von *Moſeley* der Farbſtoff einer dunkelpurpurfarbenen Antedonſpecies beſchrieben, deſſen alkoholiſche Löſung drei Abſorptionsbänder (zwei dunkele zwiſchen D und E, ein ſchwächeres vor F)





im Spectrum aufweift, während reine Comatulinlöfungen ftreifenfreie Spectren zeigen. Auf Salzfäurezufatz fchlägt die rothe Farbe der alkoholifchen Antedoninlöfung in Orange um, und das Spectrum zeigt dann nur zwei fcharfe Bänder (vor E und hinter b) und bei geeigneter Concentration außerdem einen weniger deutlichen Streifen dicht vor F. Beim Alkalifiren fällt der Farbftoff in purpurfarbigen Flocken aus der alkoholifchen Löfung nieder; diefem find zwei breite Bänder im Spectrum (eines vor D und ein zweites genau in der Mitte zwifchen D und E) eigenthümlich. Das Antedonin traf *Mofeley* auch bei einer Tieffeeholothurie des füdlichen indifchen Oceans an.

Das Spectrum der Löfung von *Mofeley*'s purpurfarbenen Pentacrinin in fchwach angefäuertem Alkohol zeigt drei Abforptionsbänder, von denen die erften beiden fehr ähnlich gelagert und unter einander ebenfo verfchieden an Stärke wie die Turacinbänder find, das dritte fchwächer ift und zwifchen b und F liegt; letzteres Band gehört wahrfcheinlich einem Rhodophane (*Mofeley*'s Red Pentacrinin) an, da dasfelbe feine Lage nicht ändert, wenn auf Zufatz von Alkalien, welche die Flüffigkeit blaugrün und roth fluorescirend machen, die beiden anderen verfchwinden und ein neuer Streifen zwifchen a und B erfcheint. Durch abwechfelnden Säure- und Alkalizufatz läßt fich der Farbenwechfel an der alkoholifchen Löfung eine beliebige Anzahl von Malen repetiren, und *Mofeley* ift der Anficht, daß die weißen, gelben und orangenen Pentacrinusfpecies von den Ke-Islands, Panglao und den Signijor-Islands, welche Alkohol faftgrün färben und erft auf Säurezufatz Pentacrinin frei werden laffen, die alkalifche Modification diefes Pigmentes enthalten. Diefer Deutung dürften die von mir klar gelegten Verhältniffe bei den Echinometriden fehr günftig fein.

In den dicken und großen Stacheln der Acrocladien[67]) finden fich meift zwei Pigmente, ein blauviolettes und ein rothes. Waffer wie Alkohol, denen eine ftärkere Säure zugefetzt wurde,

löfen beide Farbftoffe mit intenfiver Chamoisfärbung auf, und nach Entfernung der freien Säure durch Dialyfe oder durch Alkalizufatz fällt fämmtlicher Farbftoff in blauvioletten, nur minimale Spuren von Eifen enthaltenden Flocken aus. Es kann kein Zweifel darüber beftehen, daß die Acrocladien bald die faure rothe Modification diefes Pigmentes, bald dagegen die neutrale oder alkalifche violette führen. Auch Kupfervitriol wie Gerbfäure fällen den Farbftoff aus der fauren Löfung, nicht aber Sublimat oder Alaun; Eifenchlorid bewirkt keine Reaction, conc. Salpeterfäure bräunt nur die trockene Farbftofffubftanz und conc. Schwefelfäure färbt fich damit prachtvoll kirfchroth. Letztere Löfung, welche fich wochenlang unverändert hält, zeigt, fpectrofkopifch unterfucht, drei Abforptionsbänder (eins hinter D, ein zweites um E und ein drittes vor F), während die Spectren der fauren alkoholifchen und wäffrigen Löfung keine deutliche Streifen darbieten. Das Echinorubin und Echinin von *Merejkowsky* können aus allem Denkbaren beftehen; ihr Entdecker vermochte fie durch keine Reaction irgendwie fcharf zu charakterifiren. Das Hoplacanthinin *Mofeley's*, ein dunkelrothes, frifch in Alkohol lösliches, fich darin nach ca. 12 Stunden aber wieder ausfcheidendes Pigment aus einer unbeftimmten Hoplacanthusart dürfte, feinem Spectralverhalten nach zu urtheilen, ein Lipochrom oder ein lipochromatifches Gemifch fein.

Durch das bei Holothurien weit verbreitete braune Pigment wird in der Haut von Holothuria Poli ein Farbftoff verdeckt, der fich in Alkohol, Waffer und Glycerin mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz leicht auflöft. Diefer Uranidin genannte Farbftoffkörper ift gerade deshalb von großem Intereffe, weil er fich in unreinen Gewebsauszügen fehr rafch zerfetzt, in reiner alkoholifcher Löfung aber fehr beftändig, weder licht- noch wärmeempfindlich zu nennen ift. Die Unterfuchung diefes Farbftoffes hat die Kenntniß von den Uranidinen außerordentlich gefördert, und ich bedaure nur, an diefer Stelle nicht ausführlicher auf ihn eingehen zu

können; die für feine melanotifche Verfärbung maßgebenden Factoren find in der Tabelle auf S. 98 mitberückfichtigt worden.

Bei vielen Afteriden ift die äußere gelbe, orangene oder rothe Färbung eine rein lipochromatifche. Bei Aftropecten aurantiacus habe ich das Farbftoffgemifch der kalkigen Decke nach *Kühne's* Methode analyfirt; ein chlorophanartiges Pigment (Orangin) wurde dabei der ausgefalzenen Seife durch Petroläther und Äther, ein Rhodophan derfelben vollftändiger erft durch Effigäther entzogen. Neben den Lipochromen wurde von mir in dem Aftropectenpanzer ein eigenthümlich blauer Farbftoff (Afterocyanin) angetroffen, der in Waffer mit tief blauvioletter Farbe löslich ift, deffen Spectrum zwei Abforptionsbänder (zwifchen C und D wie hinter D) zeigt, und der durch Erwärmen auf 80° *C.* durch Alkohol wie Natronlauge in eine rothe Subftanz verwandelt, durch Ammoniak wie Salzfäure aber nicht verändert wird. Bei Urafter fand ferner *Mac Munn* ein, nach eintägiger Digeftion mit Natronlauge fich in diefer mit braunrother, in Alkohol mit gelber Farbe löfendes Pigment, deffen alkoholifche Löfung fich bei alkalifcher und faurer Reaction wie Hämatoporphyrin verhielt.

In der Periviscerialflüffigkeit, der Schale und den Ovarien von Echinus (esculentus?) foll fich nach *Mac Munn* ein anderer brauner Farbftoff (Echinochrom) finden, der fich durch ein breites Band vor E auszeichnet; in der Periviscerialflüffigkeit ift derfelbe gelöft, und auf Zufatz von Schwefelammonium foll das Abforptionsband noch deutlicher hervortreten. Zumal auf Zufatz diefes Reagens in der Flüffigkeit ein Niederfchlag entfteht, vermag ich der Anficht diefes Forfchers nicht beizuftimmen, daß hierdurch ein Reductionsproduct gefchaffen wird, fondern halte es für wahrfcheinlicher, daß durch das Schwefelammonium Verunreinigungen entfernt werden und in Folge deffen das Band bei einer ftärkeren Schichtendicke als in der anfänglichen Löfung noch zu fehen ift und deshalb auch vertiefter erfcheinen kann. Der Verfuch *Mac*

Munn's ist also nicht geeignet, die Ansicht von *Geddes* experimentell zu stützen, daß es sich bei den amöboïden, acajoubraunen hämolymphatischen Körperchen der Echiniden und einiger Holothuriden um einen Respirationsstoff handelt, der im desoxydirten Zustande grün gefärbt ist.

Im Inhalte des Wassergefäßsystemes gewisser Holothurienformen (z. B. Cucumaria doliolum) findet man nicht selten einen roth gefärbten Bodensatz, dessen Färbung von einem Pigmente herrührt, das dem Helicorubin in mancher Beziehung gleicht; eine derartige Substanz wurde vielleicht auch von *Foettinger* bei Ophiactis virens gesehen und ohne jeden triftigen Grund für Hämoglobin erklärt.

Die Leberpigmente der Asteriden erinnern sehr an die vieler Arthropoden und Mollusken; sie bestehen in Lipochromen oder in einem durch Alkohol leicht lösbaren Farbstoffe, einem sog. Hepatochrome, das durch siedende Natronlauge zersetzt wird und dessen Spectrum ein Absorptionsband nahe der C-Linie aufweist. Der Darm einiger Seeigel (z. B. Sphaerechinus granularis) führt reichliche Mengen chlorophanartiger Lipochrome, und die rothen Ovarien von Holothuria Poli färbt ein ziemlich reines Rhodophan.

Farbstoffe der Ascidien.

Unter den Ascidien[68]) herrscht eine große Farbenmannigfaltigkeit. Man trifft oft an ein und demselben Fundorte blaue, violette, gelbe, gelbgrüne, orangefarbige, schwarze, gelb- und rothbraune Species. Der violette Farbstoff der mittelländischen Botryllusarten scheint nur im festen Zustande als solcher bestehen zu können, da denselben alle als Lösungsmittel auf ihn einwirkenden Reagentien bräunlich färben, Säuren das Violett aber regeneriren. Bei den zwischen gelb und roth variirenden Cynthien und Didemnen sind es meist Lipochrome (Chlorophane und Rhodophane), welche die Färbungen bedingen; bei einigen Ascidien (z. B. bei Ascidia fumigata und A. mentula) ist es ein gelbes Uranidin, das die Lymphe wie die inneren Organe bei Berührung mit der

Luft dunkelbraun werden läßt (vgl. Tabelle auf S. 98), und von dem das Pigment in den ſchwarzen Mantelſtellen der Ascidia fumigata vielleicht nur ein Umwandlungsproduct darſtellt.

Farbſtoffe der Bryozoën.

Von Bryozoën[69]) wurde nur Bugula neritina einer eingehenderen Farbſtoffanalyſe unterworfen. In dieſer Bryozoë ſind mindeſtens zwei verſchiedene Farbſtoffe vorhanden: Einer (Bugulapurpur), welcher ſich mit roſa oder purpurrother Farbe in Glycerin und Waſſer löſt (vgl. Tabelle auf S. 98) und ein (chlorophanartiges Pigment) oder mehrere (Hepatochrom etc.) andere, welche in Glycerin, Waſſer und Benzol wenig oder unlöslich ſind, dagegen in Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenſtoff, Terpentinöl etc. mehr oder weniger leicht übergehen und dieſe Flüſſigkeiten alsdann gelbgrün, gelb oder bräunlich färben.

Farbſtoffe der Würmer.

Die Hautfärbungen bei den Würmern[70]) ſind gewöhnlich keine ſehr hervorſtechende. Die Epidermis iſt bei vielen durchſichtig (iriſirt auch wohl in Folge ihrer feinen Canellirung), und die bisweilen kräftigen Färbungen innerlich gelagerter Organe ſind alsdann durch die Haut hindurch ſichtbar. Bei einigen Arten, wo die Hautpigmentirung eine intenſivere iſt (z. B. bei Hirudo medicinalis [cf. S. 100], Spirographis Spallanzanii), hat man die derſelben zu Grunde liegenden Farbſtoffe zu extrahiren und durch Reactionen zu charakteriſiren verſucht; wichtigere Aufſchlüſſe ſind durch dieſe Beſtrebungen jedoch nicht erreicht.

Bei Paramatta in New South Wales beobachtete *Moſeley* zwei große Rynchodemusſpecies, von denen die eine blau, die andere roth war. Das blaue Pigment der erſteren Art war in Alkohol unlöslich, wurde durch Säuren roth und durch Alkalien abermals blau, während der rothe Farbſtoff der zweiten Art nicht in einen blauen Körper zu verwandeln war und wahrſcheinlich ein rhodophanartiges Pigment geweſen iſt. Bemerkenswerth iſt von den Hautfarbſtoffen bei den Würmern eigentlich nur das grüne Pigment der Bonellia viridis, welches lange für echtes Chlorophyll-

grün gegolten hat, von dem jedoch jetzt feststeht, daß es eine ganz eigenartige Substanz (Bonelleïn) ist, die auch bei anderen grün gefärbten Würmern (z. B. Eulalia vilifer, Thalassema) noch nicht sicher nachgewiesen werden konnte.

Das Bonelleïn löst sich in Alkohol, Aether, Amylalkohol, Glycerin, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Terpentin- und Olivenöl, auch in Wasser ist der Farbstoff nicht ganz unlöslich. Die Spectren dieser sämmtlichen Lösungen weisen sechs Absorptionsstreifen auf, und nur die Schwefelkohlenstofflösung, die auch nicht oder nur sehr schwach zu fluoresciren scheint, zeigt die Streifen anders gelagert (und zwar alle etwas mehr nach dem Roth verschoben) als die übrigen Lösungen. Aus der gleichmäßigen Verschiebung sämmtlicher Bänder folgt unter anderem, daß das Bonelleïn ein einheitlicher Körper ist, was anderseits auch sein Verhalten gegen Säuren zur annähernden Gewißheit werden läßt. Starke Säuren verwandeln das Bonelleïn in Bonellidin, welches violette, ebenfalls roth fluorescirende Lösungen mit fünfbänderigem Spectrum liefert, und conc. Schwefelsäure verändert es weiterhin in das, sich mit blauer Farbe und ohne Fluorescenz in der Säure lösende Acidobonelleïn, dessen Spectrum nur durch drei Absorptionsbänder gekennzeichnet ist. Durch Neutralisiren wird sowohl aus dem Bonellidin wie auch aus dem Acidobonelleïn der Bonelliafarbstoff in unveränderter Form zurückerhalten; nur das gelbe Product, das aus diesem durch Chlor oder heiße Salpetersäure hervorgeht, ist keiner Rückverwandlung in Bonelleïn fähig. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff oder Kohlensäure, auf Zusatz von Schwefelammonium erfährt das Bonelleïn keine Veränderung, und schweflige Säure verwandelt es nur in Bonellidin. Das Bonelleïn erwies sich als stickstoffhaltig, aber als schwefelfrei; es enthielt nur höchst geringe Spuren von Eisen, etwas mehr Mangan und kein Kupfer.

Ein anderes grünes Pigment, das Chlorochromin, fand sich in den Ovarien von Siphonostoma diplochaïtos. Bei Behandlung

mit verſchiedenen Reagentien liefert dieſer Farbſtoff ſehr abweichend und mannigfach gefärbte Flüſſigkeiten. So erhält man durch kaltes wie warmes Waſſer blaugrüne Auszüge, welche unter ſich ſpectroſkopiſch ganz different ſind. Chloroform färbt ſich gelb, Alkohol gelb (Uranochromin) reſp. grasgrün. Auf Zuſatz von Eſſigſäure ſchlägt die Farbe der wäſſrigen Löſung in ein reines Blau (Cyanochromin) um, das durch conc. Schwefelſäure in violett übergeht, während der gelbe, grün fluorescirende alkoholiſche Auszug ſich beim Anſäuern mit Eſſigſäure rothbraun, mit conc. Schwefelſäure kirſchroth färbt. In einer beſonderen Abhandlung [71]) iſt von mir das typiſche Spectralverhalten dieſer Farbſtofflöſungen ausführlicher erörtert.

Chlorophane und Rhodophane tragen auch bei Würmern in manchen Fällen viel zu einer lebhaften Pigmentirung bei. — In der Hämolymphe wurde bei einigen Species Hämoglobin, bei anderen Hämerythrin angetroffen, und der grüne Ernährungsſaft der Sabellen, aller Wahrſcheinlichkeit nach auch der Inhalt der grünen Drüſe von Siphonostoma, enthält einen ſehr beſtändigen grünen Farbſtoffkörper, deſſen Löſungen ſchön roth fluoresciren, das Chlorocruorin; Hämocyanin ſcheint im Würmertypus durchgängig zu fehlen.

Die Pigmentirung bietet bei den beiden, in dieſer Hinſicht beſſer unterſuchten Arthropodenclaſſen (Inſecten und Cruſtaceen) ſo erhebliche Abweichungen dar, daß es ſich empfiehlt, jede geſondert zu betrachten. Bei der Oberflächenfärbung der Inſecten ſpielen die Structurfarben, deren Zuſtandekommen bei den Coleopteren aber leider noch immer nicht Gegenſtand einer wiſſenſchaftlichen Unterſuchung geweſen iſt, eine wichtige Rolle, bei den Cruſtaceen beruhen die Färbungen mit wenigen Ausnahmen auf der Gegenwart chemiſch iſolirbarer Körper, auf Farbſtoffen, vorzugsweiſe auf Lipochromen. Die Färbungen der Kruſter zeigen in vielen Punkten Uebereinſtimmung mit denen der Mollusken, wes-

halb wir zuerst die Insecten betrachten und die Crustaceen den Mollusken direct vorausgehen lassen.

Farbstoffe der Insecten.

Die gelben bis rothen Farbstoffe in den Calyptren der Coccionellen, wahrscheinlich auch die mehrerer anderen roth gefärbten Käfer (Elateriden, Cerambyx Köhleri u. s. w.), die sich im frischen Zustande durch Alkohol, Aether etc. extrahiren lassen, gehören, wie das Eintreten der Schwefel- und Salpetersäurereaction, die Lösungsverhältnisse bekunden, der Lipochromgruppe an. Mittelst der Verseifungsmethode wurden diese Farbstoffe noch nicht analysirt, in den Spectren der orange bis roth gefärbten alkoholischen Auszüge von Chrysomela populi vermochte ich von Lipochrombändern nichts zu entdecken, und bei längerer Aufbewahrung der eingetrockneten Gewebe nehmen die Pigmente einen lipochromoïden Charakter an, wodurch es sich zugleich erklärt, daß ich über ihre Natur früher in Zweifel bleiben konnte[72]).

Eingehendere Versuchsreihen liegen nur über die Farbstoffe der Cocciden und Aphiden[73]) vor, von denen der Eine, die Carminsäure, durch mehrere neuere Arbeiten besser bekannt, dessen chemische Constitutionsformel aber auch noch keineswegs endgültig festgestellt worden ist. Die getrockneten Weibchen von Coccus cacti enthalten von dieser Säure 26—50%: ein, in der thierischen Organisation wohl einzig dastehender Fall, daß ein so beträchtliches Quantum der gesammten thierischen Trockensubstanz in einem Farbstoffe aufgespeichert wird. Diese Thatsache dürfte auch wohl nur dadurch verständlich werden, daß die Carminsäure für die Cocciden einen Reservestoff nach Art des Glykogens oder der Glykose darstellt, was ihr Zerfall beim Kochen mit verdünnten Säuren in einen unvergährbaren, optisch inactiven Zucker ($C_6H_{10}O_5$) und in Carminroth ($C_{11}H_{12}O_7$) andeuten dürfte.

Die Carminsäure ($C_{17}H_{18}O_{10}$) scheint im Thierreiche auf Cocciden und Aphiden im Vorkommen beschränkt zu sein; aber bei einer Labiate des Alleghaniegebirges, bei Monarda didyma,

will *Belhomme* ſie gleichfalls gefunden haben. Seit lange bei Coccus cacti bekannt, wurde das Carmin von *Sorby* bei Aphiden, welche von den Rinden der Apfelbäume geſammelt waren, und von mir bei Coccus ilicis und C. polonicus nachgewieſen; im letztern Falle rein dargeſtellt, in Carminroth übergeführt, die Löſungen wie die der Spaltungsproducte mit denen der Carminſäure aus Coccus cacti ſpectroſkopiſch genau verglichen und in allen Punkten damit identiſch befunden. Die freie Säure kryſtalliſirt, löſt ſich in Alkohol und Waſſer, ſchwer in Äther und liefert meiſt roth gefärbte Salze. Alle durch Säuren aus dem Carmin entſtehenden Derivate haben ſaure Eigenſchaften. Durch kochende Salpeterſäure entſteht daraus die in großen ſilberglänzenden Platten kryſtalliſirende Nitrococcusſäure ($C_7H_3[NO_2]_3OH.CO.OH$), welche mit Waſſer auf 180° *C.* erhitzt, ſich weiterhin in Kohlenſäure und Trinitrokreſol ($C_6H[CH_3][NO_2]_3OH$) ſpaltet. Erhitzen mit conc. Schwefelſäure verwandelt die Carminſäure unter Entwicklung von Kohlenſäure und von ſchwefliger Säure in Ruficoccin ($C_{16}H_{10}O_6$), ſchmelzendes Kali in gelbes Coccinin ($C_{14}H_{12}O_5$).

Die übrigen Farbſtoffe der Aphiden ſind von *Sorby* wie von *Mac Munn* unterſucht; mir hat ſich bisher leider nie Gelegenheit zu einer Nachunterſuchung geboten, und ich theile deshalb einige Ergebniſſe aus den Arbeiten jener beiden Forſcher mit, obſchon die von dieſen in Anwendung gebrachten Methoden zur Trennung der einzelnen Pigmente als unzweckmäßige bezeichnet werden müſſen, und deshalb Farbſtoffgemiſche auch für reine Farbſtoffkörper gehalten und mit eigenen Namen belegt worden ſind.

Verſetzte *Sorby* den carmeſinrothen Heißwaſſerauszug ſeiner Aphiden mit Eiſenvitriol und Schwefelammonium, ſo nahm derſelbe eine blaſſe Fleiſchfarbe an und, falls ein wenig Ammoniak im Ueberſchuß zugeſetzt wurde, entfärbte ſich die Löſung faſt vollſtändig. Beim Stehen an der Luft kehrte die urſprüngliche Farbe zurück, von der Oberfläche nach dem Grunde zu fortſchreitend.

An dem fauer gemachten Auszuge war keine Farbenveränderung durch das Eifenfalz zu erzielen. Es exiftirt der betreffende Farbftoff (Aphideïn), fo fchließt *Sorby*, ebenfo wie das Hämoglobin in einer oxydirten und in einer desoxydirten Form (in beiden Fällen bei alkalifcher Reaction der Löfung) und wird für Aphis jedenfalls eine ähnliche refpiratorifche Bedeutung haben wie das Hämoglobin bei anderen Thieren. *Mac Munn* erhielt aus Aphiden, welche er auf Physalis Alkekengi (Morella cherry) gefunden hatte, ebenfalls einen Aphideïn-haltigen Auszug, deffen fpectrofkopifches Verhalten fich auch durch Schwefelammonium änderte; von einer geglückten Rückverwandlung in den oxydirten Zuftand wird von ihm aber nichts berichtet. Zweifellos ift *Sorby*'s Aphideïn ein Farbftoffgemifch und die von ihm als Umwandlungsproducte desfelben betrachteten und als Aphidiluteïn, Aphidiluteolin und Aphidirhodeïn bezeichneten Pigmente find z. Th. Lipochrome oder auch wohl unreine Carminfäure, welche in reinem, freien Zuftande und in alkoholifcher Löfung von wäffrigem Carminammoniak fpectrofkopifch fehr unerheblich abweicht, während faure Carminlöfungen fehr bald ganz anders gelagerte Spectralbänder aufweifen.

Nur die Chironomuslarven wurden von allen, darauf unterfuchten Infecten als hämoglobinhaltig erkannt; die Angabe *Mac Munn*'s, daß bei Musca domestica diefer Stoff fich ebenfalls finde, kann auf keiner exacten Prüfung bafiren, denn ich habe mich wiederholt überzeugt und über diefe Verfuche bereits früher berichtet [74]), daß der rothe Farbftoff in den Fliegenköpfen weder Hämoglobin noch ein Lipochrom ift, fondern feinen Eigenfchaften nach am nächften dem Stäbchenpurpur der Cephalopoden fteht.

Landois wie *Graber* hatten in ihren morphologifchen Arbeiten fchon vor mehreren Jahren die Färbungen der Infectenlymphe [75]) befprochen, das Zuftandekommen der eigenthümlichen Melanofe, welche diefelbe bei den meiften Coleopteren und Lepidopteren zeigt, wurde aber erft vor Kurzem durch *Fredericq* aufgeklärt. Diefer

Vorgang beruht wie bei Aplysina, Ascidia fumigata und Aethalium septicum auf der Anweſenheit eines Uranidines und iſt in der Inſectenlymphe gerade dadurch ſo merkwürdig, daß durch eine, nur kurze Zeit unterhaltene Erwärmung auf ca. 55° *C.* die Oxydation und ſomit auch die melanotiſche Verfärbung inhibirt wird. Eine vergleichende Unterſuchung der Lymphfarbſtoffe bei verſchiedenartigen Käfern und Saturnidenchryſaliden hat mir ergeben, daß das gelbe Uranidin keine charakteriſtiſchen Spectralbänder beſitzt, daß ſich daneben aber meiſt noch andere Farbſtoffe finden, welche für die einzelnen Species eine große Conſtanz beſitzen und ſpectroſkopiſch gut gekennzeichnet ſind. So findet ſich in der bräunlichgelben Lymphe von Saturnia Pernyi, Callosamia Promethea und Telea Polyphemus ein, nach der Verſeiſung der ausgeſalzenen Seiſe leicht durch Äther, unvollſtändig oder gar nicht durch Petroläther zu entziehendes, chlorophanartiges Lipochrom und in der gelbgrünen von Saturnia Pyri wie von Platisamia Cecropia neben dieſem Pigmente noch ein anderes, deſſen Spectrum ein breites Band um D zeigt, das aber ſowohl auf Eſſigſäure- oder Ammoniakzuſatz wie auch nach längerem Erwärmen der Lymphe auf 66° *C.* ſchwindet. Dasſelbe Lipochrom, welches ſich bei den Puppen in der Lymphe findet, pflegt auch dem Fettkörper ſein gelbes oder grünliches Colorit zu geben.

Farbſtoffe der Cruſtaceen.

Dem Hämocyanin, einem meiſt kupfer-, bisweilen aber auch eiſenhaltigen Albuminate, das beim Kochen wie durch Alkohol coagulirt, bei Sauerſtoffentziehung in ein farbloſes Chromogen (Hämocyanogen) übergeht, aus dem es durch Sauerſtoffzufuhr zu regeneriren iſt, begegnen wir bei den Krebſen [76]) zum erſten Male. Es iſt nicht zu bezweifeln, daß dieſes für das Reſpirationsgeſchäft ebenſo wie das bei einigen Krebſen (Daphnia, Lernanthropus etc.) ſich findende Hämoglobin von Nutzen ſein kann; ob aber auch noch andere, in ähnlicher Weiſe als Sauerſtoffüberträger fungirende rothe Pigmente bei Krebſen vorkommen, iſt nach

meinen Beobachtungen wahrscheinlich, jedoch keineswegs entschieden.

Wesentlich verschieden von dem Hämocyanin erweist sich das so leicht zersetzbare Cyanokrystallin, welches sich krystallisirt in der Hypodermis sehr vieler Kruster findet. Unrichtig ist die Vermuthung *Merejkowsky*'s, dieser Farbstoff sei eine mit dem Velellablau identische Substanz; denn ich habe schon früher nachgewiesen, daß das Cyanokrystallin (sowohl von Astacus wie von Homarus) weder in reinem Wasser, noch in Salzlösungen verschiedenster Concentration auf irgend eine Weise zu lösen ist.

Was sonst von Crustaceenpigmenten genauer bekannt geworden ist, betrifft nur die lipochromatischen Farbstoffe, welche hier sehr verbreitet sind und durch die Verseifungsmethode aus dem alkoholischen Auszuge der Ovarien von Maja squinado wiederholt isolirt sind. Das Crustaceorubrin *Moseley*'s, das Vitellorubin *Maly*'s sind lediglich andere Bezeichnungen für *Kühne*'s Rhodophan. Die grünen Crustaceenfarbstoffe sind gewöhnlich (z. B. bei Virbius) ebenso leicht durch Lösungsmittel zersetzbar als die der Insecten (z. B. von Locusta); doch treten bei einigen Krebsen grüne Farbentöne auf, die sich gegen Alkohol äußerst resistent verhalten (z. B. bei Palinurus argus und P. spongipes) und ebenso violette (z. B. bei Gonodactylus chiragra und auch bei Palinurus argus); beide sind noch nicht Gegenstand einer genaueren Untersuchung gewesen. Indem ich bei Besprechung der Crustaceen schließlich noch auf die spectroskopischen Untersuchungen der Leberpigmente aufmerksam gemacht haben möchte, weise ich zugleich die seltsame Vermuthung *Mac Munn*'s, daß der Farbstoff der grünen Drüse reducirtes Hämoglobin sein könne[77]), auf Grund meiner Versuche als unrichtig zurück.

Farbstoffe der Mollusken.

Die allgemeine Uebereinstimmung in den Stoffmetamorphosen bei Crustaceen und Mollusken[78]) documentirt sich in Bezug auf die bei beiden Classen gebildeten Pigmente: 1) in den Farbstoffen

der Hämolymphe (Hämocyanin, Hämoglobin), 2) in denen der Leber (Hepatochrome, Lipochrome) wie einiger anderen Drüsen z. B. der Ovarien (Lipochrome) und 3) in denen der äußeren Haut (Lipochrome). Nur bei verhältnißmäßig wenigen Molluskenspecies zeigen die Gallen- resp. die Hautfarbstoffe specifische Eigenthümlichkeiten. So findet sich in der Galle von Helix, Limax, Zonites, Cyclostoma und Unio tumidus ein rother, in Wasser löslicher, in den lipochromatischen Lösungsmitteln aber unlöslicher und, wie sich den Beobachtungen von *Hazay* entnehmen läßt, «in scharfspitzigen Rhombusformen» krystallisirender Farbstoff, das Helicorubin (vgl. S. 99). Dieses wurde, ebenso wie gewisse Hautpigmente von Arion ater und Limax variegatus in unmittelbare Beziehung mit dem Hämoglobin gebracht (vgl. S. 100), aber, wie ich bereits andeutete, ohne genügende Gründe. *K. B. Hofmann* berichtet, daß im Mantel von Arion ater ein in Säuren mit prächtig violetter Farbe lösliches, in Weingeist unlösliches Pigment vorhanden sei, und einige weitere Angaben über das Verhalten dieses und der Hautfarbstoffe von Limax flavus finden sich bei *Mac Munn*.

Eigen ist den Mollusken eine Fülle von Farbstoffen in besonderen Hautsecreten, welche theils zur Vertheidigung entsandt, theils zur Färbung der Gehäuse verwendet werden. So bildet sich, wie wir bereits sahen (S. 91), bei Cephalopoden ein melaninartiger Körper, der in dem Secrete des Tintensackes ausgestoßen wird, bei Aplysia ein purpurfarbiges, bei Purpura patula ein grünes Pigment, bei Muriciden ein am Lichte veränderliches Chromogen; Cerithien secerniren eine gelbe Flüssigkeit, die an der Luft grasgrün wird, und Scalaria clathrus einen Purpursaft, der durch Alkalien nicht verändert, durch Mineralsäuren blaugrün und durch Licht nur langsam gebleicht wird. Die von Planorbis corneus auf Reizung entleerte Flüssigkeit ist aber bekanntlich kein Drüsensecret, sondern hämoglobinhaltige Hämolymphe, und ebenso wird der himmelblaue Saft, welchen nach *Philippi*'s Angabe Tritonium

nodiferum vor dem Tode entleeren foll, die hämocyaninhaltige Hämolymphe diefes Thieres fein.

Einige Reactionen und das fpectrofkopifche Verhalten des Janthinins, des blauen Farbftoffes in dem Secrete, welches gewiffe Janthinafpecies am Rande und der Oberfläche des Mantels abfondern, find (fpeciell von nordatlantifchen Formen) durch *Mofeley* bekannt geworden. Das Janthinin löft fich in Weingeift wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich alfo dem Aesculin) und zeigt drei Abforptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkeles um D und zwei fchwache vor E und vor F). Dasfelbe Spectralverhalten befitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöfte Farbfubftanz. Salzfäure verwandelt die Farbe der alkoholifchen Löfung in ein reines, lichtes Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angefäuertem Aether löft fich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; diefe Löfung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum ift ohne Abforptionsftreifen. Die Janthininlöfungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Mofeley* fämmtliche zerfetzt.

Was fpeciell die Färbungen der Gehäufe bei den Mollusken anbelangt, fo ift die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbftoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbftoffe mit allen Eigenfchaften der Lipochrome (z. B. bei Littorina und gelben Pectenvarietäten).

2. Lipochromoïde und Melanoïde, welche die Gehäufe der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gaftropoden (z. B. Cassis, Mitra, Strombus, Cypraea, Turbinella) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. Pecten) von dem zarteften Rofa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braunfchwarz (z. B. bei Murex radix, Conus marmoreus, Turbinella rinoceros) variiren laffen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromoïdes, z. B. eines rothen bei dem leichten Rofaanfluge an der inneren Schalenfläche von

Strombus gigas, Murex bicolor und Delphinula laciniata beitragen, wird fich allerdings nur durch fortlaufende Schnittferien der Schalenftücke entfcheiden laffen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. Haliotis Cracherodi) und Trochiden (z. B. Turbo margaritaceus, T. concinnus, T. disjunctus, Trochus pyramis, Tr. olivaceus).

4. Turbobrunin, ein in angefäuertem Alkohol wie in angefäuertem Waffer leicht lösliches, eifenfreies oder nur Spuren von Eifen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutralifiren feiner Löfung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit fauren Flüffigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermifcht mit diefem die *Gmelin*'fche Gallenfarbftoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin fcheint auf die Haliotiden (Haliotis rufusens) und die Gattung Turbo (T. sarmaticus, T. rugosus) befchränkt zu fein.

5. Bei Helix nemoralis ein intenfiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Waffer, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbftoff, der fich beim Erwärmen feiner Löfung auf etwa 90° *C.*, ähnlich den Uranidinen bräunt, und deffen Spectrum frei von Abforptionsbändern ift; feine alkoholifche Löfung ift fehr lichtempfindlich.

6. Ein purpurviolettes, eifenreiches Pigment, vorkommend bei Gaftropoden (Trochus rota, Tr. erythraeus) wie Acephalen (Placuna sella, Perna isognomum), das im unveränderten Zuftande ein breites Abforptionsband zwifchen b und F aufweift, beim Löfen in faurem Alkohol oder Waffer aber leicht in andere, fpectrofkopifch gut gekennzeichnete Farbftoffe umgewandelt wird. Der Farbftoff und die durch keine tiefgreifendere Umfetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate find in Chloroform wie Aether unlöslich. Die fauren wäffrigen Löfungen erfahren beim Kochen keine fpectrofkopifche Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbfäure; fie geben fernerhin weder

mit roher, ſtarker Salpeterſäure oder conc. Schwefelſäure, noch mit Eiſenchlorid oder Kupfervitriol charakteriſtiſche Reactionen und ändern ſich ſelbſt nach tagelanger Belichtung nicht.

7. Bei Trochus pica einen ſchwarzen, in dünnen Schichten blaugrünen Farbſtoff, deſſen Spectrum drei Abſorptionsbänder (eins vor D, ein zweites in der Mitte von D und E und ein drittes zwiſchen b und F) aufweiſt. Derſelbe wird im trockenen Zuſtande von conc. Schwefelſäure lange intact gelaſſen, durch rohe Salpeterſäure gelb gefärbt und von Natronlauge gar nicht, von ſalzſäurehaltigem Waſſer nur ſchwer in Löſung übergeführt; in verdünnter Salpeterſäure löſt er ſich dagegen mit blauvioletter Farbe, und die Löſung, welche zwei Spectralbänder (eins hinter D, ein anderes zwiſchen D und E) zeigt, hält ſich wochenlang unverändert. Die Farbe der blauen Löſung des Pigmentes in Königswaſſer geht raſch in ein unanſehnliches Violettroth und ſpäter in ein bräunliches Gelb über. Nach Entfernung der freien Säure durch Dialyſe oder durch Ueberſättigen mit Ammoniak wird der Farbſtoff aus ſeinen Löſungen in dunkelindigblauen Flocken unverändert ausgefällt.

Neben einem gelbgrünen, den entkalkten Schalenhäuten bislang nicht zu entziehenden Farbſtoffe findet ſich bei Neriten ein dem ſoeben beſprochenen Pigmente ähnlicher, in dünnen Lagen violettblau, in dickeren ſchwarz erſcheinender, aber weit widerſtandsfähiger Körper, der durch Salpeterſäure ebenfalls reiner violett gefärbt, jedoch weder durch dieſe Säure direct gelöſt, noch dadurch für Ammoniak lösbar gemacht wird.

8. Ein tief indigblaues Pigment bei Trochiden, welches ſich auch durch ſeine Reſiſtenz gegen Säuren, Alkalien und lipochromatiſche Löſungsmittel dem Indigblau in ſeinen Eigenſchaften nähert; aber weder Salpeterſäure noch conc. Schwefelſäure üben auf den trockenen Farbſtoff einen auffälligeren Einfluß aus, und auch Alkalien löſen ihn nicht nach vorausgegangener Behandlung mit ſtarker Salpeterſäure.





9. Bei verſchiedenen Species der Gattung Melania ein dunkelbraunes, in Aether wie Chloroform unlösliches, in ſalzſäurehaltiges Waſſer und Weingeiſt mit einer, bald in's Gelbe umſchlagenden Gummiguttfärbung übergehendes Pigment ohne charakteriſtiſches Spectralverhalten und durch Ammoniak aus der ſauren Löſung in braunen Flocken zu fällen. Durch conc. Schwefelſäure wie durch conc. Salpeterſäure wird der Farbſtoff gebleicht, nicht blau gefärbt wie die Lipochrome.

10. Undefinirbare braune (z. B. bei Lithodomus lithophagus) und grüne (bei Ampullaria und Achatina) Farbſtoffe, welche nicht die Lipochromreactionen geben und bislang auch nicht in Löſung zu bringen waren.

Um die Ueberzeugung zu befeſtigen, daß noch manches Wiſſenswerthe über die Schalenfärbungen der Mollusken unaufgeklärt, ja ganz ununterſucht gelaſſen werden mußte, erinnere ich kurz an das intenſive Blau der Mytilusſchalen (vgl. S. 115) und das tiefe Himmelblau der Chryſoten, an die braunen durchſichtigen Stellen in den Schalen von Orthostylus nimbosus und verwandter Species, welche (im durchfallenden Lichte betrachtet) von dem opaken Weiß ſo auffällig abſtechen, an die grünen Farben bei Cochlodryas florida und Helicostyla orbitula[79]).

Es erübrigt noch, des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden zu gedenken. Der Stäbchenpurpur (ſpeciell von Sepiola Rondeletii) unterſcheidet ſich vom Sehpurpur allein ſchon durch ſeine Perſiſtenz gegen Licht. Es löſt ſich derſelbe in Ammoniak; durch verdünnte Säuren, Kupfervitriol- wie Bleiacetatlöſungen wird der Stäbchenpurpur zerſtört, während er ſich in Kochſalzlöſungen ſehr verſchiedener Concentration (2—30 %), in Löſungen von Natriumſulfat und Natriumphosphat ſowie in Benzol als haltbar erweiſt. Beim Erwärmen der Retina in einer 30procentigen Kochſalzlöſung auf 70° C. büßt der Purpur kaum etwas von ſeiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina all-

mählich, aber vollſtändig. Nach *V. Henſen* findet ſich in der Stäbchenſchicht von Pecten Jacobaeus wahrſcheinlich wahrer Sehpurpur; eine Nachunterſuchung hat mir aber ergeben, daß nur ein Theil der rothen Stäbchenpigmente bei dieſer Pectenſpecies lichtempfindlich iſt, ein anderer dagegen ſehr lichtbeſtändig.

Farbſtoffe der Wirbelthiere.

Bei den Wirbelthieren vereinfachen ſich die Färbungen in auffallendem Maße; nicht etwa inſofern, als denſelben intenſivere oder mannigfaltigere Färbungen abgingen oder daß eine geringere Anzahl von Farbſtoffen in Anwendung gezogen würde, ſondern lediglich in der Weiſe, daß ſämmtliche Pigmentirungen durch Glieder weniger Farbſtoffgruppen veranlaßt werden, daß eigenartige Pigmente, wie ſolche bei Wirbelloſen aller Typen in reichlichem Maße angetroffen werden, bei den Wirbelthieren außerordentliche Seltenheiten ſind.

Abgeſehen von dem Hämoglobin und Biliverdin, welche wegen ihres conſtanten Auftretens in der Wirbelthierreihe für uns wichtig ſind, welche aber bei Wirbelloſen gleichfalls vorkommen, — obſchon bei dieſen das Gallenpigment eines ganz andern Urſprungs iſt als bei den Wirbelthieren [80]) — ſind es nur das Zoorubin, Turacin und Turacoverdin, welche von den beſſer bekannten Pigmenten auf Wirbelthierſpecies im Vorkommen beſchränkt gefunden wurden.

Mit ſeltenen Ausnahmen ſind es Lipochrome und Hämoglobine, welche nebſt ihren Abkömmlingen (Gallenfarbſtoffe, Melanine und Melanin-ähnliche Stoffe) die ſog. objectiven, chemiſchen oder Abſorptionsfarben bei den Wirbelthieren bedingen und nur unter Mitwirkung gewiſſer Structureigenthümlichkeiten auch blaue wie grüne Farbentöne möglich machen. Die Urſache der Grünfärbung unſerer Fröſche [81]) kannten bereits viele ältere Forſcher, ebenſo auch die Thatſache, daß die in Alkohol lavendelgrau, ja oft blau gewordene Froſchhaut beim Bedecken mit angefeuchtetem gelben Seidenpapier wieder grasgrün erſcheint. *Bogdanow* und ich wieſen darauf hin, daß die blauen Federn im durchfallenden Lichte bräunlich, die grünen

gelb erscheinen, und *A. B. Meyer* machte darauf aufmerksam[82], daß, «wenn man bei dem grünen Eclectus polychlorus das Licht möglichst horizontal auf das Grün des Rückens auffallen läßt, wenn man z. B. in Augenhöhe über den grünen Rücken, dem Lichte zugewendet, hinwegsieht, derselbe schön orangegelb erscheint, so blendend grün schillernd er auch bei auffallendem Lichte ist; fast noch in die Augen springender», bemerkt *Meyer* weiter, «ist dieses Verhalten, und zwar schon bei schräg auffallendem Lichte, bei den grünen Federn der Araras, bei Sittace militaris *L.* und S. chloroptera *Gray*». Schließlich gelang es *Gadow*[83]) an den tiefblauen Federn eines Makao durch einfache Pressung das Blau ganz zu beseitigen.

Obschon bei den von mir beobachteten mittelländischen Crenilabriden die grünen und blauen Farben[84]) in ähnlicher Weise wie bei den Federn auf Structurverhältnissen beruhen, so soll sich nach *G. Francis* bei einigen seltenen Fischen (Odax radiatus, O. frenatus und O. Richardsonii) ein grünblauer Farbstoff finden, und auch bei Bananenfressern, welche in ihren Färbungen gleichsam eine Ausnahmestellung einnehmen, kommt ein grünes in Wasser lösliches Pigment den grünen Federn zu. Hiermit ist aber die Summe aller bei Wirbelthieren in der Pigmentirung aufgefundenen Besonderheiten erschöpft; denn daß die Salmonsäure[85]) nicht nur ein unreines Lipochrom darstellt, ist bislang als ebensowenig festgestellt zu erachten, als daß der Färbung der Beloneknochen ein grüner Farbstoffkörper thatsächlich zu Grunde liegt.

Unter den Wirbelthieren selbst gibt sich aber ein allgemeiner Wechsel in der Pigmentirung auch noch darin zu erkennen, daß Fische, Amphibien und Reptilien (mit Ausschluß der Schlangen) vorzugsweise auf lipochromatische Färbungen angewiesen sind, bei Schlangen und Säugethieren die melanoïden Färbungen vorherrschen, die lipochromatischen dagegen sehr zurückstehen oder auch wohl ganz zum Ausfall kommen, während unter den Vögeln bei

einigen Species die Lipochrome, bei anderen die Melanine mit ihren Verwandten bevorzugt erscheinen.

Das Wichtigste, was die Analyse der Farbstoffe bei den Wirbelthieren bereits erschlossen hat, ist die Beschränkung charakteristischer Pigmente auf vereinzelte Species oder auf Vertreter einer oder weniger Familien. Selbst die Verbreitung der Lipochrome bietet uns prägnante Beispiele, wie die Anbildung auch dieser, wie es scheint, so veränderlichen Substanzen mit der Organisationsanlage Hand in Hand geht. Mehr oder weniger beträchtlich ist so z. B. die rhodophanartige Beimengung, welche das Lipochrin in der Haut der einheimischen Salamandrinen constant begleitet; stets findet man ferner in der Haut der einheimischen Lacertiden einen andern chlorophanartigen Körper (Lacertofulvin) als in der Haut von Hyla arborea, Rana temporaria und R. esculenta (Lipochrin), und dieselbe Differenz besteht nach *Kühne* für diese Thiere auch bezüglich der gelben Lipochrome in den Zapfen der Retina[86]).

Federfarbstoffe der Vögel.

Am lehrreichsten sind in dieser Hinsicht die Pigmentirungen des Gefieders der Vögel[87]); mit Ausnahme der in ihren Effecten so überraschenden Structurfarben, welche den Colibris und vielen anderen tropischen Vögeln ihre Farbenpracht und Farbenmannigfaltigkeit verleihen, beruhen an diesem alle gesättigteren Farben auf der Anwesenheit von Lipochromen. Vorwiegend sind es chlorophan- und rhodophanartige Stoffe, welche ihre Wirkung dabei entfalten, deren Repräsentanten in den Federn verschiedener Vogelarten oft aber differente sind. Bald findet sich in den Federn von Lipochromen veritabeles Rhodophan, bald das schlecht charakterisirte Zoonerythrin vor, und in den rothen Papageienfedern ein dem Rhodophan nur entfernt verwandter Körper, das Araroth, welches sich gleich seinem, dem Chlorophan analogen Begleiter, dem Psittacofulvin, in seinem Verhalten gegen Reagentien sehr den Lipochromoïden nähert. Von gelben Lipochromen scheint das Zoofulvin die weiteste Verbreitung zu besitzen, weniger häufig findet sich das

Coriosulfurin und das Picofulvin charakterisirt, soviel wir wissen, die Vertreter einer einzigen Familie, nämlich die Piciden.

Das Picofulvin[88]) wurde von mir in den grünen Federn von Gecinus viridis entdeckt und bei sorgfältiger Prüfung von 19 Spechtarten bei 9 Species, theils nur mit Rhodophan (Campophilus Malherbii, Picus major, Callolophus mentalis, Gecinus viridis), theils mit Rhodophan und Coriosulfurin (Mulleripicus fulvus, Yungipicus Temminckii, Chrysoptilus punctigula, Chloronerpes aurulentus, Chl. Kirkii) vergesellschaftet gefunden, bei 10 Species (Dendropicus cardinalis, Campethera nubica, Tiga tridactyla, Dryocopus flavifrons, Colaptes auratus, C. olivaceus, C. rubricatus, Melanerpes formicivorus, Picumnus minutus, Jynx torquilla) dagegen vermißt. Bei weiterer Nachforschung über eine eventuelle Verbreitung des Picofulvins bei Vertretern der den Piciden nächststehenden Familien (Psittaciden, Bucconiden, Ramphastiden)[89]), welche die großartige Liberalität *Adolf Bernhard Meyer*'s und sein warmes Interesse für jeden, auch noch so kleinen Fortschritt in der Lehre von den thierischen Färbungen mir ermöglichte, — ergab sich, daß dieser Farbstoff hier durchgängig fehlt und demnach (wenn auch nur vorläufig) als eine Eigenthümlichkeit der Piciden betrachtet werden muß.

Einen ebenso beschränkten Verbreitungsbezirk als das Picofulvin scheint das Turacin[90]) zu besitzen. Dieser kupferreiche, purpurrothe Farbstoff der Musophagiden ist durch die Reisebeschreibung von *Verreaux* zuerst bekannt geworden. Den späteren Mittheilungen anderer Ornithologen läßt sich entnehmen, daß sich das Turacin bei den meisten Musophagidenspecies findet, davon, daß es bei irgend einer derselben thatsächlich vermißt wurde, ist mir überhaupt nichts bekannt geworden. Sehr genaue Untersuchungen über diesen Farbstoff verdanken wir *Church*. Nach *Church*, aber unbeeinflußt von den in seiner Arbeit niedergelegten Resultaten, untersuchte ich das Turacin und fand schließlich, nach vielem Suchen, auch seine Ab-

handlung wieder auf, welche bis dahin vergeſſen und begraben lag in der großen Katakombe der Philoſophical Transactions.

Nach allen Beobachtungen, welche über das Turacin in der Literatur niedergelegt ſind, und nach den Erfahrungen, welche ich in den größeren ornithologiſchen Sammlungen Deutſchlands wie Oeſterreichs bezüglich einer zu erwartenden Turacinfärbung bei anderen Gruppen zugetheilten Species ſammeln konnte, hatte es den Anſchein, als ob dieſer Farbſtoff nur bei Muſophagiden vorkomme. Bei meinem Beſuche des *Senckenberg*'ſchen Muſeums zu Frankfurt fiel mir jedoch kürzlich ein Cuculide von Manilla, Dasylophus superciliosus *Swainson* auf, bei welchem das ſatte Roth ſparſam vorhandener Kopffedern auf Turacin ſchließen ließ. Dank der Bereitwilligkeit der Direction der *Senckenberg*'ſchen Geſellſchaft war mir eine Unterſuchung dieſer Federn möglich, welche zu dem Reſultate führte, daß der fragliche Farbſtoff wirkliches Turacin war. *Moſeley* erwähnt in ſeiner von mir ſchon wiederholt citirten Abhandlung, er glaube geleſen zu haben, daß das Turacin auch bei einer kleinen Papageienart Auſtraliens entdeckt ſei. Ich habe in ornithologiſchen Kreiſen von einer derartigen Mittheilung nichts in Erfahrung bringen können und bin deshalb geneigt anzunehmen, daß dieſe Notiz nur auf Verwechslung des Turacins mit einem andern Farbſtoffe von Seiten *Moſeley*'s beruht; iſt es mir doch ſchon wiederholt vorgekommen, daß mir Mittheilungen über das Turacin zugingen, welche ſich ſtets als irrthümliche entpuppten. Daß ſich dieſer Farbſtoff bei keinem Papageien findet, iſt mir ſo ſicher als irgend etwas.

Noch ſpecialiſirter im Vorkommen als das Turacin iſt der grüne Farbſtoff, welcher aus ihm bei längerer Aufbewahrung im angefeuchteten Zuſtande und an der Luft hervorgeht, das Turacoverdin[91]); dieſes wurde von mir bei Corythaeola cristata aufgefunden, aus den grünen Federn von Corythaix albicristata iſolirt wie in Löſung erhalten und iſt weder bei anderen Muſopha-

giden noch bei irgend einer Species einer andern Vogelfamilie fernerhin nachgewiesen.

Während das Picofulvin, Turacin und Turacoverdin durch ihre Beschränkung auf Repräsentanten einer einzigen Familie (und resp. auf wenige andere, dieser sehr nahestehende Formen, deren systematische Stellung überdies noch fraglich ist) von Interesse sind, verdient das Zoorubin deshalb Beachtung, weil es bei verhältnißmäßig wenigen Species fernstehender Familien in den Federn auftritt; auch dieser Farbstoff wurde sonst im Thierreiche nicht wiedergefunden.

Bei Paradiseïden ist das Zoorubin[92]) am regelmäßigsten anzutreffen; so findet es sich bei Paradisea papuana, P. rubra, Diphyllodes magnifica und ganz besonders reichlich bei dem Männchen von Cicinnurus regius, dessen Gefieder es eine prächtige braunrothe Färbung verleiht. Außerdem habe ich diesen Farbstoff aber auch bei Trogoniden (Pyrotrogon Diardi ♂), Alectoriden (Otis tarda) und Phasianiden (gewisse Varietät von Gallus domesticus) nachzuweisen vermocht, und zweifellos wird derselbe auch Arten mehrerer anderen Familien nicht fehlen; in sämmtlichen von mir untersuchten braunen Rhamphastiden-Federn habe ich ihn indeß vermißt.

Eierschalenfarbstoffe.

Gewöhnliche und außergewöhnliche Färbungen treten uns bei den Vögeln nicht nur am Gefieder, sondern auch an den Eierschalen[93]) entgegen. Durch die Untersuchungen von *Sorby*, *Liebermann* und mir ist festgestellt, daß die Färbungen der blauen bis grünen Vogeleierschalen von Biliverdin oder diesen sehr nahestehenden Farbstoffkörpern (Oocyan *Sorby*'s) herrühren, während die dunkelen und röthlichen Farbentöne (fleisch-, oliven-, lederfarbig, roth, braun, schwarz u. dgl. m.) durch ein Hämoglobinderivat (Oorhodeïn *Sorby*'s) veranlaßt werden, welches nach dem Entkalken der Schalen als Hämatoporphyrin in die Säure übergeht. Beide Pigmentirungsweisen manifestiren sich als gründlich verschieden-

artige schon dadurch, daß die Biliverdinfärbung auch in tiefere Schalenlagen hinabreicht, daß sie im Umfang der Schale aber an allen Stellen stets eine gleichmäßige ist, während das directe Spaltungsproduct des Hämoglobins nur ganz oberflächlich und hier stets in mehr oder weniger circumscripter Vertheilung (als Flecke, Punkte, Kritzeln, Schlieren etc.), niemals in der Tiefe der Schalen zu finden ist. Das sog. Oocyan wird, so schließen wir aus diesen Befunden, in Gemeinschaft mit den Kalksalzen secernirt, das Oorhodeïn hingegen der fertigen Eierschale erst ganz zuletzt aufgetragen.

Außer dem Biliverdin und Hämatoporphyrin tragen nachgewiesenermaßen nur noch bei zwei Vogelclassen andere Pigmente zur Eierschalenfärbung bei, indem in beiden Fällen auf die Oorhodeïnfärbung verzichtet wird. Es ist bemerkenswerth, daß diese Abweichungen Familien betreffen, bei denen die Färbungen des Gefieders sich durch keine Absonderlichkeiten auszeichnen, und daß anderseits die Vögel mit ungewöhnlichen Federfarbstoffen keine von dem allgemein Gang und Geben in ihrer Färbung abweichende Eier legen. Lediglich die Crypturiden und Cursores nehmen durch die Pigmentirung ihrer Eierschalen eine Sonderstellung unter den Vögeln ein, indem sich nämlich bei den Cursores dem Oocyan das Oochlorin, und bei den Crypturiden Oochlorin und Ooxanthin hinzugesellen.

Wir können hiermit unsere Darstellung der Färbungsursachen bei den Wirbelthieren beschließen, denn die Untersuchung der melaninartigen Stoffe hat wegen der Schwerlöslichkeit dieser Substanzen zu vergleichend-physiologisch wichtigeren Resultaten noch nicht geführt. Bei der Lösbarmachung und Reinigung dieser Pigmente von Horn- und Eiweißgebilden hat man stets zu Mitteln greifen müssen, welche die Farbstoffe selbst verändern und zersetzen, ohne aber zugleich auch nur irgendwelche Garantie zu bieten, daß die verunreinigenden Stoffe thatsächlich dadurch beseitigt werden. Vieles

der Besprechung und der Untersuchung Werthe ließe sich allerdings auch noch aus der Farbenwelt bei den Wirbelthieren namhaft machen, doch glaube ich nicht, daß die Forschung bereits soweit vorgeschritten ist, als daß man über das Wie dieser Färbungen auch nur eine Vermuthung aussprechen könnte. Meine und die Untersuchungen anderer Autoren haben allerdings gelehrt, daß das rothe Knochenmark, die meisten rothen, halbrothen oder tief lackfarben zinnoberrothen Wirbelthiermuskeln durch unverändertes Hämoglobin gefärbt sind, was jedoch die Färbung des gelben Knochenmarkes bedingt, wie die Farbe der himmelblauen Muskeln vieler Scomberiden, die rothe, auf sog. »acide salmonique« beruhende Färbung des Lachsfleisches zu Stande kommt, das wissen wir nicht und was die gelbe Farbe des Blutserums bei Säugethieren veranlaßt, das wissen wir auch nicht. Ebenso schlecht sind wir über die gelben bis hochrothen Färbungen der Schneidezähne gewisser Nagethiere, über die Schwarzfärbung der Zähne von Wiederkäuern und Pachydermen unterrichtet, und bei Fragen nach den Färbungsverschiedenheiten der Haare[94]) würde sich ein Räthsel an das andere reihen. Auch über die Federfarben der Vögel breitet sich stellenweise noch ein tiefes Dunkel aus. Die violetten und purpurvioletten Federn bei den Tauben der Inseln um Neu-Guinea (Ptilopus speciosus *Ros.* ♂, P. pulchellus *Tem.*, P. geminus *Salv.* ♀) trotzten bislang jedem Versuche, eine ähnlich gefärbte Substanz aus ihnen abzuscheiden, und nichts wissen wir über die feurigen Farben des Goldfasans, nichts über das wunderbare Roth der Xipholena pompadora. Ueberall würden hier zur Zeit nur Wünsche an Stelle des Geistes abgeschlossener exacter Untersuchungen treten können.

Rückblick.

Unbeirrt durch die Vorurtheile und die Sucht einzelner Untersucher, in jedem rothen, braunen oder dunkelgrünen Pigmente — befinde es sich an Infusorien gebunden in den Flüssen bei Guatemala *(Rossignon)*, in Algen *(Phipson)* oder irgendwo bei Thieren

(Ray-Lankester, Sorby, Mac Munn) — ein verkapptes Hämoglobinderivat zu entdecken, in jedem gelben wie grünen Farbstoffe die Kraft des Chlorophyllkorns zu wittern, jede lebhaftere Pigmentirung als das Product einer, auch unter natürlichen Verhältnissen ablaufenden *Pettenkofer*'schen Gallensäurereaction zu deuten *(Cafali)* oder überall nur Lipochrome zu sehen *(Merejkowsky)*, habe ich versucht, Ihnen von den thierischen Pigmentirungen nur Das zu bieten, was als erwiesene Thatsachen in der Wissenschaft von dauerndem Bestande ist, was, um nicht zu Irrlichtern zu werden, berichtigt werden mußte, und schließlich auch die auf Thatsachen basirten Theorieen und Ideen, an deren Hand sich rüstig weiter forschen läßt.

Wir nahmen bis dahin den thierischen Pigmentirungen eine analoge, allerdings ganz entgegengesetzte Stellung gegenüber ein als der moderne anatomische Mikroskopiker den thierischen Geweben; dieser ist zufrieden gestellt, wenn ihm eine möglichst brillante und distincte Färbung an einem Organelemente gelungen ist, und es könnte nach dem Vorgetragenen auch leicht den Anschein erwecken, als ob unser Interesse völlig befriedigt sei, wenn die Farbstoffextraction eine gelungene gewesen ist. Ich bin jedoch weit davon entfernt zu glauben, daß mit der Kenntniß der chemischen Natur der Farbstoffe allein, und mag sich dieselbe in der Zukunft auch noch so vollkommen gestalten, biologisch viel gewonnen ist; diese bildet meines Erachtens nur ein unbedingtes Erforderniß, um die Räthsel der thierischen Färbungen, deren es so unendlich viele und einer wissenschaftlichen Untersuchung so würdige gibt, überhaupt erst ihrer Lösung näher zu führen. Ebenso wie in einer rationellen Histologie der beabsichtigte Zweck aller Tinctionen nur der sein kann, zu erforschen, was in jedem einzelnen Falle für chemische Gewebsbestandtheile und warum gerade diese mit dem angewandten Färbemittel imprägnirt werden, so hat auch, sage ich, eine wissenschaftliche vergleichende Chromatologie der Thiere vor allen in Erfahrung zu bringen, warum gerade diese und

nicht andere lebende Organtheile gefärbt sind, und auf welchem Wege der Farbstoff an die betreffenden Plätze gelangt ist, resp. ob derselbe erst an Ort und Stelle gebildet wurde. Der Histologe wird seiner Aufgabe sicherlich erst dann gerecht werden, wenn er sich nicht darauf beschränkt, die Gewebe durch Anilin, Eosin u. dgl. m. in ein geschmackvolles Licht zu setzen, sondern sich auch dazu bequemen wird, durch successive Entfernung der durch verschiedene Farbstofflösungen different gefärbten Gewebstheile sichere Anhaltspunkte über die chemische Structur der Gewebe selbst zu erlangen. In entsprechender Weise wird die vergleichende Physiologie der thierischen Färbungen aber auch nur dann ihrem beabsichtigten Ziele sich zu nähern wissen, wenn sie nicht in einer Farbstoffchemie aufgeht, sondern vorwiegend ihr Augenmerk der Erforschung der natürlichen Färbungsursachen zulenkt[95]).

Was ich Ihnen nach dieser Richtung zu bieten vermag, ist sehr wenig. Das zur Lösung dieser Fragen angehäufte Erfahrungsmaterial ist außerordentlich reichhaltig und gewiß noch weit bedeutender, als ich es zu übersehen vermag; ich fühle mich unfähig, ohne eine große Eigenerfahrung und ohne Unterstützung geeigneter Sammlungen dasselbe zu sichten und in eine so aphoristische Form zu kleiden, als es der Rahmen dieser Vorträge mir gestattet. Ich beschränke mich deshalb darauf, nur die Punkte hervorzuheben, an deren Klarstellung uns bei einer naturgemäßen Betrachtung der thierischen Pigmentirungen vorzugsweise gelegen sein muß, welche aber nur tiefere und umfassende Studien zu detailliren vermöchten.

Herkunft der Pigmente.

Wir begannen unsere Betrachtungen damit, die Momente ausfindig zu machen, welche sich für eine genetische Beziehung zwischen den einzelnen Farbstoffgruppen verwerthen ließen; dieser Tendenz sind wir bei allen unseren Auseinandersetzungen, wie ich glaube, treu geblieben, und es ergab sich außer den Resultaten, welche die Tafel auf S. 101 resumirt, weiterhin noch die Thatsache, daß

einige natürliche Farbſtoffe, obſchon äußerlich einander ſehr unähnlich (rothe und violette Farbſtoffe der Acrocladien wie der Blüthenblätter, das Pentacrinin und ſeine grüne Verbindung) doch nichts anderes vorſtellen als in dem einen Falle die freie Farbſtoffſäure, in dem andern das Salz derſelben. Hiermit iſt aber alles erſchöpft, was ſich über die thieriſchen und pflanzlichen Farbſtoffe in dieſer Beziehung ſagen läßt.

Eine andere Frage iſt nun die, ob ein oder der andere Farbſtoff in offenbarer Beziehung zu einer ungefärbten Subſtanz ſteht, ſei es, daß dieſe im Organismus bereits unter phyſiologiſchen Verhältniſſen vorhanden iſt, ſei es, daß dieſe denſelben nur bei einer gewiſſen Ernährungsweiſe zugeführt wird. Soviel ich erſehe, läßt ſich für ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß nur ein einziges ſicheres Beiſpiel anführen (die Umwandlung des Indol in ſog. Harnindican und Indigo), welches nicht viel bedeuten kann, wenn man berückſichtigt, daß jeder thieriſche Farbſtoffkörper eine ſolche Abſtammung ſchließlich haben muß. Wie ſchwer es hält, in dieſer Richtung Reſultate zu erzielen, dürfte ſchon daraus zu entnehmen ſein, daß wir in vielen Fällen nicht einmal wiſſen, ob eine Subſtanz wirklich ein thiereigenes Product iſt oder ſchon als ſolche von außen aufgenommen wurde; ob es ſich bei ihr nicht um einen Körper handelt, welcher in minimaler Menge dem Organismus einverleibt, in dieſem (ähnlich dem Kupfer in den Haaren, dem Silber in der Haut bei Argyrie) retinirt blieb, um gelegentlich vielleicht, wie der Krapp dem Kalke in die Knochen und in die Eierſchalen folgt, auch mit dem Fette oder gewiſſen Eiweißſtoffen mobil und transportabel zu werden.

Viele Abhandlungen ſind erſchienen, bevor man die Kohlenpartikelchen im Lungenparenchym als ſolche erkannte, den Guaninproducenten unter den Thieren kennen wir noch immer nicht, und man kann ſich deshalb nicht gerade wundern, wenn faſt alle, der Entſtehung thieriſcher Pigmente zugewandten Nachforſchungen

einen mehr oder weniger generaliſirenden Charakter angenommen haben, und man ſich vorläufig auch damit zufrieden ſtellt, wenn es anſcheinend gelungen iſt, eine beſtimmte Färbung in cauſalem Zuſammenhange mit einem beſtimmten Nahrungsmittel zu wiſſen. Wie viele von den Beobachtungen aber, durch welche ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen Farbe und Nahrung erſchloſſen ſein ſoll, richtig ſind, ſtelle ich ſpäteren Experimentatoren zur Entſcheidung anheim und führe hier nur einige derſelben auf.

So iſt behauptet worden, daß die Flamingos ihr zartes Roth aus der Fiſchnahrung beziehen, daß das Schwarzwerden von in Käfigen gehaltenen Gimpeln, Buchfinken und Stieglitzen bei einer zu übermäßigen Fütterung mit Hanf eintrete[96]), daß verſchiedene Völkerſchaften es verſtehen, grüne Papageien durch eine beſondere Art der Ernährung und auch durch andere Mittel gelb zu färben (»tapiriren»)[97]), und neuerdings hat man gelbe Canarienvögel durch Füttern mit ſpaniſchem Pfeffer dunkelorange zu färben vermocht. Nur ſehr vage allgemeine Angaben liegen über den Einfluß des Futters auf die Färbungen bei den Inſecten[98]) vor. Allgemein bekannt iſt die Behauptung, daß Schmetterlinge, ganz beſonders Arten der Gattung Euprepia, eine andere Färbung als die gewöhnliche annehmen, wenn ihre Raupen mit ihnen für gewöhnlich nicht zu Gebote ſtehenden Blättern gefüttert werden; ſo ſoll Euprepia caja einfarbig braun werden, wenn man ihre Larven mit Walnußblättern ernährt. Die Raupe von Elloparia fasciaria ſoll auf Fichten grün, auf Kiefern braun ſein, und die Raupe von Xylomiges conspicillaris entſprechend der Verfärbung des Ginſters, auf dem ſie lebt, die Farbe ebenfalls wechſeln; ſo lange dieſer jung, iſt ſie grün, wenn die gelben Blüthen kommen, erſcheint ſie auch im gelben Koſtüm und wechſelt dieſes noch einmal in Graubraun um, wenn ſie, ſchon ausgewachſen, zwiſchen dürrem Laube ſich bewegt. Eine andere Raupe, Eupithecia absinthiata, ein polyphages Thier, ſoll auf dem gelb blühenden Senecio Jaco-

baea gelb, auf rothen Centaureen röthlich und auf weißer Camille weiß ſein. *Leydig* verfiel ſogar auf den Gedanken, daß das ſeiner irrthümlichen Annahme nach in den grünen Heuſchrecken- und Chryſopa-Flügeln deponirte Chlorophyllgrün ſich mit vorrückender Jahreszeit an ſeinem neuen Platze ebenſo wie das der Blätter verfärbe.

Strenger durchgeführt, beſonders in den Arbeiten von *Weismann*, ſind die Beobachtungen über den Einfluß von Licht und Temperatur auf die Entwicklung der Farben bei den Schmetterlingen. Schon *Dorfmeiſter* war es gelungen, bei Euprepia caja das normale Rothgelb der Hinterflügel durch erhöhte Wärme in Mennigroth, durch erniedrigte in Ockergelb nach Belieben umzuwandeln. Der Saiſon-Dimorphismus, d. h. die nach den Jahreszeiten wechſelnde Färbung des Netzfalters (Vanessa levana *L.*) und einer Reihe anderer Tagſchmetterlinge, den bereits *Röſel* gekannt, *Weismann* aber erſt näher erforſcht und erklärt hat, bietet in dieſer Beziehung wohl das anziehendſte Beiſpiel dar. Dieſe Farbenveränderungen, welche *V. Graber* in ſeinem, ſo originellen Werke «Die Inſecten» höchſt ſinnreich beſchrieben und den weiteſten Kreiſen dadurch erſchloſſen hat, betreffen aber insgeſammt nur die Structurfarben, welche einem Verſtändniſſe und einer eingehenderen Unterſuchung zur Beantwortung des Warum weit ſchwieriger zugängig ſind als die Fälle, wo die Färbung durch greifbare und iſolirbare chemiſche Stoffe eine Beeinfluſſung erfährt; ihre wiſſenſchaftlichere Inangriffnahme erfordert weit mehr Vorarbeiten als die der letzteren Art, welche ſchon, wie wir ſahen, ſehr complicirter Natur iſt. Nur eine, für die Kenntniß des Entſtehens der chemiſchen Färbungen ſehr weſentliche Vorfrage bleibt uns bei den Structurfarben erſpart, nämlich die nach der Bildungsſtätte des Färbungsmateriales, zu deren Beſprechung wir ſogleich übergehen können, weil von den äußeren phyſikaliſchen Einflüſſen auf die ſonſtigen Färbungen der Thiere nur ſoviel gewiß iſt, daß

das intensivste Sonnenlicht verbunden mit der größten Wärme, wie man es in den Tropen findet, die größte Mannigfaltigkeit und Pracht der Farben bedingt, und daß sowohl mit der Erhebung über die Meeresfläche wie namentlich gegen die Pole zu sich die Farben mehr und mehr abschwächen oder monotoner werden.

Bildungsstätte der Pigmente.

«Ob das Pigment am Orte, wo man es vorfindet, entstanden ist und so z. B. in den Farbezellen als Product ihrer metabolischen Thätigkeit angesehen werden kann, oder ob es schon als solches auf irgend eine Weise (flüssig oder fest) in die Zelle gelangte, ist eine Frage, welche nach meinem Dafürhalten für jeden besonderen Fall erwogen und nicht selten verschieden beantwortet werden muß. Ich gebe zu, daß bei manchen thierischen Färbungen ein in Hinblick auf die chemische Zusammensetzung des Farbstoffkörpers unbedeutendes Atom einer hinzugeführten Substanz (wie z. B. von einem Eisensalze bei chlorotischen Pflanzen) ausreicht, aus einem ungefärbten Chromogene einen Farbstoffkörper an's Licht zu zaubern, daß auch entfernt liegende Organe (so z. B. die Nebennieren bei der *Addison*'schen Krankheit) auf eine Pigmentablagerung in ganz anders gearteten Geweben von gravitirendem Einflusse sein können; für die Federn speciell, vertrete ich aber die Auffassung, daß sämmtliche Farbstoffe derselben, mit alleiniger Ausnahme des Coriofulfurins, in loco entstehen und beziehe mich dabei:

1. auf *A. Ewald*'s Tinctionsversuche[99]), welche ergeben haben, daß die Affinität anderer thierischen Gewebe für die aus den Federn in Lösung erhaltenen Pigmente weit größer ist als die des Federgewebes selbst;

2. auf die scharfe Abgrenzung der lipochromatischen und melanotischen Färbungen, welche für erstere Farbstoffe an der Vogelretina, wo die einzelnen Zapfenkugeln ihre eigenen Lipochrome führen, und ganz besonders an Pigmentzellen der Haut von Fischen, wo in einer einzigen Zelle separirt rothe, gelbe und grünliche Fetttropfen lagern, noch weit prägnanter hervortritt als an den Federn.

Nur durch die Annahme eines ganz außergewöhnlichen Electionsvermögens gewiſſer Zellenbeſtandtheile ließen ſich dieſe ſo abſonderlichen Verhältniſſe ſonſt noch erklären;

3. auf die chemiſche Eigenartigkeit ſo vieler Federfarbſtoffe, welche weder im Blute, noch in Drüſen, Muskeln und Haut, ja nicht einmal im Federſchafte[100]), ſondern nur in der Federfahne anzutreffen ſind;

4. auf die Schwerlöslichkeit und große Unveränderlichkeit des Melanins durch chemiſche Agentien, welche dasſelbe gar nicht transportfähig erſcheinen laſſen;

5. auf den Fortfall der melanotiſchen, nicht der lipochromatiſchen Färbungen bei albinotiſchen Formen, und

6. auf die Regeneration des Turacins nach Entfernung desſelben aus den Federn durch Waſſer oder alkaliſche Flüſſigkeiten.

Um dem Farbenbildungsvermögen der Zellen ſelbſt näher zu treten, wüßte ich für die Melanine kein anderes Mittel anzugeben, als einen Vergleich der durch gründliche anatomiſche und hiſtologiſche Unterſuchungen (welche nicht nur die Federn, ſondern auch alle, eventuell dabei in Frage kommenden Organe betreffen) an albinotiſchen und normalen Formen gewonnenen Reſultate, während uns in Betreff der Lipochrome auch allgemeiner gehaltene vergleichend-phyſiologiſche Studien eine Aufklärung verſprechen dürften.

Verfärbungen der Pigmente.

Nicht ſelten erfahren gefärbte Theile nach kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme ihrer Farbenintenſität, ja ſelbſt einen vollſtändigen Schwund ihres Pigmentes, ſei es, daß der Farbſtoff an Ort und Stelle zerſtört oder durch Reſorption entfernt wird. Am durchſichtigſten ſind die Verhältniſſe bei den turacinhaltigen Federn der Muſophagiden, wo jeder ſtärkere Regen, dem dieſe Tropenvögel in ihrer Heimath zwar nur ſelten ausgeſetzt ſind, den Farbſtoff aus den purpurvioletten Federn abwäſcht und dieſe verblaſſen macht. Wo lipochromatiſche Färbungen an den dem Lichte exponirten





Körpertheilen eine Abſchwächung ihrer Intenſität erfahren, wird die gemeinſame Wirkung des Luftſauerſtoffs und des Sonnenlichtes für die Abnahme der Färbung verantwortlich zu machen ſein; ebenſo verhält es ſich auch bei der Umwandlung des Comatulins in unanſehnliche bräunliche oder gelbliche Subſtanzen. Aber ſchon bei der Entfärbung der Lipochrome ſpielen Factoren mit, welche uns noch vollkommen dunkel ſind, und dieſe tragen auch daran die Schuld, daß einige lipochromatiſche Färbungen (z. B. in der Haut von Luvarus imperialis) außerordentlich lichtempfindlich, andere (z. B. das in den gelben Fängen der Raubvögel abgelagerte Coriosulfurin, das Zoonerythrin in den ſog. Roſen der Waldhähne) weit lichtbeſtändiger ſind, und die lipochromatiſchen Färbungen an den Federn (auch nicht ſonderlich vor Licht- und Lufteinwirkung geſchützt) viele Jahre ſich erhalten.

Weinland[101]) wies bereits 1856 darauf hin, daß das Fett die Farbenintenſität ſehr beeinfluſſe, und ich überzeugte mich durch Verſuche, daß fettarme, ſchwach gefärbt erſcheinende Federn nach Durchtränkung mit fettem Oele eine ungleich geſättigtere Färbung annehmen. Bekanntlich verſchwinden aus normalen Geweben bei ſchlechter Ernährung und bei Krankheit keine anderen Stoffe ſo leicht als die Fette, und *L. Martin*[102]) bezieht gewiß mit Recht viele ſog. flüchtige Farben, welche er bei Säugethieren (z. B. an der dottergelben Kehle des Baummarders) und Vögeln (am Roſaanflug der Pelikane, am Frühlingsgefieder vieler Möven und Meerſchwalben, am Flaumgefieder der Trappen, am ſchönen Gelb der Säger u. ſ. w.) nachgewieſen hat, und welche «bei kranken oder ſchlecht genährten Thieren, ſowie an alten Häuten und Bälgen oft ganz verſchwinden» auf eine unter normalen Verhältniſſen in den Geweben vorhandene Fettmenge. Dagegen glaube ich in Uebereinſtimmung mit anderen Ornithologen, daß das vergängliche ſchöne Aſchgrau der Reiherfedern (Ardea cinerea), welches bei der leiſeſten Berührung ſchwindet, und über welches Herr Baron *E. F.*

von Homeyer mich brieflich zu unterrichten die Güte hatte, auf feineren Structurverhältnissen beruht, welche durch mechanische Insulte leicht zerstört und entfernt werden. Das Verschwinden des namentlich bei den Amazonen-Papageien, doch von *Martin*[103]) auch bei manchen Bussarden und Wasservögeln beobachteten Duftgefieders, welches man seit *Nitsch* besonderen Puderdunen zuschreibt, wird sich nach der Ansicht des erstgenannten Forschers wahrscheinlich auch in einer ähnlichen Weise vollziehen, nämlich durch eine Abschülferung der Federhälse. Worauf es jedoch beruht, daß, wie *E. F. von Homeyer*[104]) auch an unseren einheimischen Vögeln beobachtete, die Farben mit dem Schwinden des Lebens (schon für das bloße Auge bemerkbar) sich verändern, so z. B. bei alten Männchen unseres Pirols, wo mit dem Erkalten des Vogels ein bemerklicher Theil des Farbenglanzes erlischt, läßt sich an durchsichtigeren Erscheinungen noch nicht verständlich machen.

In einer Entfernung des zuvor veränderten Pigmentes durch Resorption liegt es zweifellos begründet, wenn man die von der Geburt an schwarze Hautfarbe sich bei gewissen schwarzen Hühnerarten lichten[105]) und, was allerdings zu einer großen Seltenheit gehört, die Haut eines Negers zu der eines Kaukasiers werden sieht[106]). Eine ganz eigene Bewandtniß hat es mit dem plötzlichen Ergrauen der Haare. Zahlreicher und sicherer als für Thiere sind die über das plötzliche Ergrauen bei Menschen gemachten Angaben[107]), welche die oft bestrittene Möglichkeit, daß derartiges vorkommen könne, zur völligen Gewißheit werden lassen. Wir besitzen über einen derartigen Fall, der einen Mann betrifft, welcher während eines Anfalles von Säuferwahnsinn in einer Nacht ergraute, eine sehr gediegene Arbeit von *Leonard Landois*, nach der die Verfärbung darin begründet lag, »daß sich reichliche Luftbläschen im ganzen Marke der (blonden) Haare, zerstreut auch in der Rindensubstanz entwickelt hatten, während das Haarpigment erhalten war. Diese Luftbläschen verliehen dem Haare den exquisit grauen Schein.«

In sehr seltenen Fällen hat man auch ein intermittirendes Ergrauen der Haupthaare beobachtet, so daß das Haar in Abständen von etwa 1 mm abwechselnd hell und dunkel geringelt war. *Landois* fand auch in einem derartigen Falle die hellen Stellen von einer reichlichen Entwickelung kleiner Luftbläschen im Markcanale und dem umgebenden Rindenbezirke herrührend, während das Pigment wohl erhalten war.

Das dem blendendweißen Schneekleide arktischer Formen gleichende Winterkleid einiger anderen Säugethiere und Vögel entsteht nach einigen Autoren gleichfalls durch Verfärbung, nicht in Folge einer Härung resp. Mauser; ist diese Auffassung richtig, so würde noch festzustellen sein, ob dabei (wie bei den Haaren der Greise) ein wirklicher Schwund des meist dunkelen Pigmentes oder nur eine Maskirung desselben, vielleicht (ebenso wie in den plötzlich ergrauten Haaren) durch Luftporen, welche sich im Marke anhäufen, eintritt. Hierhin zählt auch die von *J. Reinhardt*[108]) gemachte Beobachtung, daß das Männchen von Chasmorhynchus nudicollis, einer brasilianischen Cotengide, sein grünliches, unten gelb geflecktes Jugendkleid in das schneeweiße des alten Vogels umändert; die weiße Farbe ist nach *Reinhardt* das Resultat einer Verfärbung, aber soweit er beobachten konnte, erfolgt sie nur einmal, nämlich beim Uebergang vom Jugendkleide zum Gefieder des alten Vogels, denn wenn der alte weiße Vogel später wieder mausert, sind die neu hervorsprossenden Federn rein weiß. Das von *Chr. L. Brehm* beobachtete Verschießen des Jugend- wie des ausgefärbten Kleides bei Milvus parasiticus, das Verbleichen der Federn beim Habicht und bei sämmtlichen Geiern (mit alleiniger Ausnahme von Gyps Ruppelii, bei dem das Gefieder mit zunehmendem Alter bunter wird) beruht gewiß nur auf einer durch das Licht hervorgerufenen Zerstörung des Pigmentes.

Die mir geglückten Umwandlungen natürlich vorkommender Pigmente in einander, wie z. B. die des Turacins in Turacoverdin

(ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht selbst verfügte), des Turbobrunins in Biliverdin, des Comatulins in die braunen oder gelblichen Farbstoffe gewisser Antedon-Varietäten, des violetten in den rothen Acrocladienfarbstoff und umgekehrt, bieten ebenso wenig wie die künstlich erzeugten Veränderungen des Hämoglobins genügende Anhaltspunkte dar, welche die natürliche Umbildung der Pigmente in loco aufklären könnte; selbst den, unter natürlichen Bedingungen sich so leicht vollziehenden Umfärbungen der Lipochromoïde stehen wir, wenn es die Erscheinungen zu deuten gilt, noch ziemlich rathlos gegenüber. Manche Verschönerung der Farbe mag in bereits angedeuteter Weise durch eine, seitens der Organe stattfindenden Fettaufnahme bedingt werden, aber auch dieses Moment reicht für die Erklärung vieler Erscheinungen keineswegs aus. Und nicht nur sehen wir die Pigmente in den Geweben an Masse zunehmen oder aus diesen verschwinden, nicht nur sich in andere transformiren, sondern auch in Theilen, welche aller Lebenssäfte baar zu sein scheinen, regt sich bisweilen die stoffbildende Kraft von Neuem, um alte Farben wieder zu erzeugen oder zuvor noch gar nicht dagewesene zu bilden. Das lichte Blau der Augen ist bei den neugebornen Säugethieren gewöhnlich nur von kurzem Bestande und in seltenen Fällen von Retinitis pigmentosa färbt sich auch die Linse wachsgelb, ja sogar mahagonibraun. Am merkwürdigsten sind aber auch in dieser Beziehung die Erscheinungen, welche sich am Gefieder der Vögel abspielen, sowohl bei denjenigen, deren anfangs helle Federn sich an gewissen Körperstellen (so z. B. an der Kehle bei Charadrius auratus, am Kopfe bei Larus minutus) erst später schwarz färben oder welche ihr weißes Winterkleid gegen das dunkle Sommerkleid vertauschen, was selbst bei den Schneehühnern durch eine Verfärbung des Gefieders und nicht durch Mauser zu erfolgen scheint, wie auch bei den Musophagiden, welche den ausgewaschenen Purpurfarbstoff

ihren Federn auf's Neue einzuverleiben wissen. Nichts wäre interessanter als zu erfahren, wie sich im ersteren Falle die Wiederherstellung der temporär verschwundenen dunkeln Farbentöne, in letzterem wie sich die Regeneration (unter oder ohne Nerveneinfluß) des Turacins vollzieht.

Eine der auffälligsten Erscheinungen ist die Ausbildung des sog. Hochzeitskleides bei den Vögeln; diese äußert sich jedoch in sehr mannigfacher Weise. Bei den Hühnerarten schwellen die Kämme und Augenpolster an, womit eine Erhöhung der Farbe dieser Theile verbunden ist. Ein Taucher (Colymbus septentrionalis), der Staar, die Ammern, die Lerchen und sehr viele Finkenarten helfen sich beim Anlegen ihres Hochzeitsputzes einfach damit, daß sie von ihrem düsteren Winterkleide die grauen Spitzen und Ränder der einzelnen Federn abwerfen und in Folge dessen zuvor bedeckt gelegene und so vor Abnutzung geschützte Theile der Federn sichtbar werden. Bei anderen Vogelarten aber (zu welchen die Fliegenschnäpper [nach *Martin* Muscicapa collaris, M. atricapilla und M. parva], wahrscheinlich auch mehrere Drossel- wie Entenarten [nach *Schlegel* z. B. Anas carolinensis und A. galericulata] gehören), welche es zu diesem Kunstgriffe noch nicht gebracht haben, findet, wenn die Hochzeit naht, eine gesteigerte Säftezufuhr zu den Federn statt, und das bis dahin schlecht ernährte Gefieder gewinnt in Folge dessen den verschwundenen Glanz und das Lustre wieder, mit denen es in längst vergangener Jugendblüthe prangte.

Constanz der specifischen Stoffwechselproducte, speciell der Farbstoffe.

Bei Beurtheilung aller Färbungsverschiedenheiten, welche auf individuellen, sexuellen oder auf Rasseneigenthümlichkeiten beruhen, mögen dieselben (wie z. B. an den menschlichen Haaren oder wie an den Federn von Eclectus polychlorus) noch so überraschend in ihrem Effecte sein, wird man nie zu vergessen haben, daß alle derartigen Differenzen nur durch den Ausfall eines Pigmentes (unvollständiger Albinismus) oder durch structurelle Verschiedenheiten

der Organtheile oder endlich dadurch zu Stande kommen können, daß es bei der Bildung einer definitiven Farbstoffsubstanz nur bei Vorstufen derselben bleibt; die chemischen Eigenthümlichkeiten einer Zelle, die synthetischen Processe in ihr werden durch die Factoren, welche das Individuum, die Sexualität oder die Rasse bestimmen, so viel wir wenigstens bis jetzt wissen, nicht tangirt. Niemals ist es möglich gewesen, die specifischen Stoffwechselvorgänge einer Zelle in gravitirender Weise umzugestalten oder dieselben von selbst sich verändern zu sehen. Wie ich in meinem ersten Vortrage ausführte, handelt es sich, abgesehen von den, in sehr weiten Grenzen schwankenden rein morphologischen Verhältnissen, die, wie *Claude Bernard* bewies, streng biologisch nichts bedeuten, bei allem, was Kunst und Natur unter unseren Augen als Abänderungen schuf, nur um ein Plus oder Minus des Normalen, nicht um Außergewöhnliches. Auf diesen Satz gründete ehemals *Rudolf Virchow* den Bau der modernen Pathologie, und derselbe trägt in gleicher Weise auch die vergleichende Physiologie unserer Tage.

Ebensowenig wie sich Taurin statt des Kreatins in den menschlichen Muskeln, ebensowenig wie sich ein Lipochrom statt des Uranidins bei den Myxomyceten bildet, oder Melanine statt der Floridine bei Hircinia variabilis entstehen, vermag das menschliche Haar einen grünen Farbstoff zu erzeugen; was jüngst Derartiges gefabelt wurde, beruht entweder auf der, S. 158 erwähnten Kupferfärbung oder auf einer ähnlichen Pigmentirung, welche aus *Gellert's* Gedichte vom grünen Esel jedermann bekannt ist. Das Beispiel von Eclectus polychlorus[109]) beweist, daß die Sexualität bestimmend werden kann für die Art des entstehenden Lipochromoïdes; zahlreiche andere Formen lehren fernerhin, daß individuelle Einflüsse die Lipochromoïde resp. die Melanoïde zwischen gelb, roth bis braunschwarz variiren lassen, und in den Farbenabweichungen der menschlichen Haare besteht eine entsprechende

Skala für das Melanin mit seinen Vorstufen resp. seinen Abkömmlingen. Die Macht der Individualität, der Sexualität und der Rasseneigenthümlichkeiten reicht aber nicht einmal so weit, an Stelle des Melanins das Hämoglobin oder ein echtes Lipochrom treten zu lassen, ja bei den Wirbelthieren zeigt sich selbst die Abgrenzung der chlorophan- und rhodophanartigen Pigmente so beständig, daß individuelle oder sexuelle Unterschiede sie nicht mehr verwischen.

Farbstoff und Färbung.

Semper ist einer von den wenigen Zoologen gewesen, der zwischen Färbung und Farbstoff streng zu unterscheiden wußte. In seinen »Natürlichen Existenzbedingungen der Thiere« (Leipzig 1880. Th. II. S. 231) sagt er: »Daß die Zuchtwahl unter keinen Umständen das Pigment, den eigentlichen Farbstoff selbst, zu erzeugen vermag, ist einleuchtend. Die Entstehung der Pigmente muß abhängen von physiologischen Processen im Körper jedes Individuums, welche für das gesunde Leben dieses einzelnen Thieres von hoher Bedeutung zu sein scheinen. Die bestimmte Art ihrer Vertheilung auf der Haut wird somit zunächst ganz allein durch innere, im Thiere selbst thätige Ursachen bewirkt werden müssen; sie kann dabei von Anfang an eine regelmäßige oder ganz ungeordnete sein, und dies wird davon abhängen, ob die inneren physiologischen Ursachen die Ablagerung der Farbstoffe in die Haut in gewisse Bahnen leiten oder nicht. Sind diese Bahnen sehr scharf bestimmt, so wird natürlich auch die Farbenvertheilung eine sehr regelmäßige sein müssen, und viele der so ungemein charakteristischen Zeichnungen bei den Actinien, Steinkorallen, Schnecken- und Muschelschalen dürften auf solche Weise entstanden sein.« Daß natürlich da, wo Pigmentzellen unter directem oder indirectem Nerveneinfluß stehen, auch nervöse Einflüsse an den Färbungen bemerkbar werden, kann ebensowenig überraschen, als daß sich der Muskel durch Arbeit stärkt, durch geistige Anstrengungen der Gesichtsausdruck sich verfeinert.

Auch noch heute fragen ſich viele, wenn ſie eine weiße Katze auf einer weißen Mauer, und einen ſchwarzen Kater auf einem ſchwarzen Dache ſehen, warum der Kater in dieſem Falle ſchwarz und die Katze in jenem Falle weiß iſt. Eine Erklärung iſt bald gefunden; denn läßt die Vererbung im Stiche, ſo muß das Geſetz der Anpaſſung helfen. Andere glauben wiederum, der Wiſſenſchaft dadurch einen Dienſt zu erweiſen, wenn ſie die mannigfachſten Farbſtoffgemiſche mit recht vielen Reagentien tractiren; ich befand mich ſeiner Zeit in der mir allerdings unangenehmen Lage, in letzterer Art ſelbſt thätig ſein zu müſſen, allein, wie ich wohl behaupten darf, indem ich ſehr eklektiſch vorging und nur das als Unterſuchungsmaterial auswählte, an welchem ſich allgemeinere Geſichtspunkte gewinnen reſp. deren Richtigkeit erproben ließ. Ich prüfte nicht, wie ſo mancher nach mir, Alles, was ich gerade auf dem Wege fand! Jetzt, wo man ſowohl viele ſehr hübſche Beiſpiele kennt, welche von einer Schutzfärbung Zeugniß ablegen, wo man fernerhin, wie das Vorgetragene lehren dürfte, über die thieriſchen Farbſtoffe im Allgemeinen orientirt iſt, und die Lücken, welche die Allgemeinbetrachtung laſſen mußte, nur von kundiger Seite ausgefüllt werden können, erſcheinen alle Arbeiten im gerügten ein oder andern Sinne nicht nur überflüſſig, ſondern als literariſcher Ballaſt überhaupt verwerflich. Wer als Zoologe die Sache ernſtlich fördern will, mag die albinotiſchen Formen anatomiſch und hiſtologiſch eingehend ſtudiren, wer als chemiſcher Phyſiologe ſich an dem weiteren Ausbau einer vergleichenden Chromatologie erfolgreich zu betheiligen gedenkt, mag die einzelnen Farbſtoffe rein darzuſtellen, zu analyſiren und ihre chemiſche Conſtitution zu ergründen verſuchen, und wer der Vivifection Herr iſt, mag ſehen, wie Nerv, Ernährung und Licht auf die Pigmentbildung wirken. Von alledem, was ſich ohne Aufwand ſonderlicher Mühe über die thieriſchen Pigmente in Erfahrung bringen läßt, iſt, ſoviel wie Noth thut, jetzt bekannt.

Bedeutung der Farbstoff-analysen.

Wir haben uns stets zu vergegenwärtigen, daß die Farbstoffe nicht nur vom ästhetischen Gesichtspunkte aus den übrigen Bestandtheilen des Organismus an Interesse etwas voraus haben, sondern daß ihr Studium wegen der Sicherheit und Genauigkeit der zur Erkennung und Charakteristik der Pigmente dienenden Methoden auch der chemischen Physiologie vorläufig weit mehr neue Anschauungen und wichtige thatsächliche Ergebnisse zuwenden kann, als die Untersuchung irgend einer andern Classe animalischer Stoffwechselproducte. Kein Studium verdient deshalb ein so intensives zu werden, wie das der Farbstoffe und der Farben.

Am räthselhaftesten bleibt jedenfalls noch die Thatsache, daß ein scharf charakterisirtes Stoffwechselproduct (wie z. B. Bonelleïn, Turacin oder die Carminsäure), wie es scheint, ein Selbsterwerb nur weniger Thierformen ist, daß dieses auf wenige Species oder wenige Thierfamilien im Vorkommen beschränkt ist. Diese Erscheinungen zu deuten, hatte *Moseley*[110]) unternommen; aber wenn er glaubt, dieselben durch den Hinweis, daß das Kupfersulfat blau ist, und diesem entsprechend constituirte Kupfersalze nicht blau gefärbt sind, verständlicher gemacht zu haben, so befindet er sich in einem großen Irrthum; denn sämmtliche Pigmente, welche diesen beschränkten Verbreitungsbezirk besitzen, sind so eigenartige Producte, daß man nicht erwarten kann, ihnen nahe Verwandtes ganz allgemein zu finden. Lehrt doch das von *Moseley* selbst herangezogene Beispiel mit Evidenz, daß wo sich überhaupt intensivere Färbungen zeigen, sei es in der lebenden oder in der todten Natur (ich erinnere auch an die Chrom- und Kobaltverbindungen), fast alle Substanzen mit dem nämlichen Radicale oft wohl anders, aber immerhin doch exquisit gefärbt erscheinen.

Anmerkungen und Literaturnachweise.

[1]) Ueber das Zoonerythrin (Tetronerythrin) vgl.: *Bogdanow*, Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690 u. Journal f. Ornithologie von *Cabanis*. VI. Jahrg. 1858. S. 311—312; *Wurm*, Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 31. 1871. S. 535—537; *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1879. Nr. 40, Vergl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 67—71, III. Abth. S. 114—115, IV. Abth. S. 30—35, V. Abth. S. 87—94, II. Reihe. I. Abth. S. 165—167 und III. Abth. S. 135.

[2]) Wichtigere Literatur über die Lipochrome:

Carotin: *Wackenroder*, *Geiger*'s Magazin. Bd. 33. 1832. S. 144; *Zeise*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. S. 380; *Th. Husemann*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117. S. 200.

Luteïn und pflanzliche Lipochrome: *Marquart*, Die Farben der Blüthen. Bonn. 1835; *Fremy* u. *Cloëz*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 62. S. 269; *Filhol*, Compt. rend. T. 39. p. 194, T. 50. p. 545 u. 1182; *Piccolo* u. *Lieben*, Giornale di scienze naturali ed economiche. Palermo. 1866. II. Jahrg. Vol. II. S. 258; *Holm* u. *Stædeler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 100. 1867. S. 142; *Städeler*, ibid. S. 149; *Thudichum*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1869. S. 1; *Kühne*, Unters. aus dem physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. 1882. S. 249—252; *A. Hansen*, Sitzungsber. d. physik.-medic. Gesellsch. zu Würzburg. 1883.

Chromophane: *G. Schwalbe*, Handb. d. ges. Augenheilkunde von *Græfe* u. *Sæmisch*. Bd. I. 1874. S. 414; *St. Capranica*, Arch. f. Anat. und Physiol. Physiol. Abth. 1877. S. 283—296; *Kühne*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1878. S. 341—369, Bd. IV. 1882. S. 169—248.

Lipochrome der wirbellosen Thiere: *Göbel*, Schweigger's Journal. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *v. Wittich*, Arch. f. path. Anat., Bd. 27. 1863. S. 573—575; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. 1882. S. 1—115.

Auf das Vorkommen luteïnartiger Körper im Pflanzenreiche mit Bestimmtheit hingewiesen zu haben, ist das Verdienst *Thudichum*'s, während der stricte Beweis für die weite Verbreitung der Lipochrome im Thierreiche erst durch meine Untersuchungen erbracht wurde; nur unklare Ideen sprach zuvor *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. 1876.) aus und zu unbe-

gründeten Behauptungen verftieg fich *C. de Merejkowsky* (Compt. rend. T. 93. 1881. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.), welcher deshalb auch die allerverfchiedenartigften Pigmentkörper zufammenwarf.

Die Blaufärbung der rothen Fettfarbftoffe durch conc. Schwefelfäure kannte bereits *v. Wittich* (1863), welcher fie an den erhaltenen rothen Kryftallen aus Euglena sanguirubra auftreten fah. Die Veranlaffung, diefen Verfuch anzuftellen, war eine Mittheilung von *Buchholtz,* «daß in den großen Ganglienzellen einiger wirbellofen Thiere ein eigenthümlich rothgelber, an Fett gebundener Farbftoff vorkomme, der durch Schwefelfäure blau gefärbt wird, nach Auswafchen derfelben aber feine frühere Farbe annimmt». Noch weit älteren Datums ift jedoch die Beobachtung, daß fich *Marquart's* Blumengelb (Anthoxanthin) «mit Vitriolöl dunkel-indigblau färbe, welche Farbe in Purpurroth übergeht und durch Waffer verfchwindet». *Piccolo* und *Lieben* fanden ein nämliches Verhalten beim Luteïn, und *Filhol, Städeler* wie *Thudichum* erkannten, daß conc. Salpeterfäure ganz ähnlich wie conc. Schwefelfäure auf die Lipochrome einwirkt. Die Jodreaction wurde zuerft von *Schwalbe* an den farbigen Kugeln in den Zapfen der Vogel- und Eidechfenretina erhalten. «Die verfchiedenen Farbftoffe diefer Gebilde», fo bemerkt *Schwalbe* (l. c., S. 414), «zeigen eine höchft auffallende Reaction. Auf Jodzufatz färben fich fowohl die rothen wie die gelben Kugeln fchön blau, die rothen faft blaufchwarz, die gelben erft grün, dann blaugrün und fchließlich rein blau. Die farblofen Kugeln zeigen diefe Reaction nicht; wo an ihnen eine mattgrüne oder bläuliche Färbung wahrzunehmen ift, kann man auf Spuren von Farbftoff fchließen.» Daß die Lipochrome ftickftofffrei find, machten bislang nur die gründlichen Arbeiten über das Carotin zur Gewißheit. Für thierifche Lipochrome wurde ein Fehlen des Stickftoffs fchon 1823 von *Göbel* an den Farbftoffen der Vogelhaut wie bei Krebfen beobachtet, und die Unterfuchungen von *Maly* wie von *Kühne* beftätigten feine Angabe.

Erft durch *Kühne's* bahnbrechende Arbeiten über die Chromophane wurden Handhaben gewonnen, die Lipochrome von den übrigen Pigmenten, den Fetten u. f. w. zu trennen, die einzelnen Glieder diefer Farbftoffreihe von einander zu fcheiden und durch ihr fpectrofkopifches Verhalten, durch ihre differente Lichtempfindlichkeit etc. fcharf zu charakterifiren. Viele fpätere Unterfucher (z. B. *Wälchli, Merejkowsky, Mac Munn, Tfchirch*) haben fich diefe wiffenfchaftlichen Errungenfchaften allerdings nicht anzueignen verftanden und fcheinen den Anforderungen, welche die Jetztzeit an Farbftoffunterfuchungen ftellt, auch nicht gewachfen zu fein.

[3]) *Kühne,* Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 213.

[4]) *Kühne,* ibid. S. 213.

[5]) *A. Kundt,* Ann. d. Chem. u. Phyfik. 1874. Jubelband. S. 615—624.

[6]) *Kraus,* Zur Kenntniß der Chlorophyllfarbftoffe. Stuttgart. 1872. S. 53.

[7]) Vgl. *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 114.

[8]) Ein rhodophanartiges Pigment ſcheint ſchon 1863 von *v. Wittich* aus Euglena sanguirubra und ein chlorophanartiges 1876 von *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la phyſiol. T. XII. p. 12.) aus Hummer im kryſtalliſirten Zuſtande erhalten zu ſein. Kryſtalliſirtes Luteïn wurde zuerſt von *Piccolo* und *Lieben,* ſpäter von *Thudichum* u. A. dargeſtellt, das Eläochrin und Lecithochrin zum Kryſtalliſiren zu bringen, gelang *Kühne,* und unzweifelhafte Kryſtalle von Chlorophyllgelb ſah ich bei *Hanſen.* Schon 1849 beobachtete *Zeiſe* die rubinrothen Kryſtalle des Carotins.

[9]) *Bunſen,* Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 128. 1866. S. 100—108.

[10]) *Kühne,* l. c., S. 204.

[11]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71 Anm. 1.

[12]) Vgl. *Kühne,* l. c., S. 205 Anm. 1 u. S. 252.

Die ſo häufig, aber ſtets ohne Quellenangabe erwähnte Beobachtung *Chevreul*'s, daß im Hühnereidotter ein rother Farbſtoff den gelben begleite, findet ſich im «Dictionnaire des sciences naturelles. T. 35. 1825. Article: Oeufs d'oiseaux. p. 444», und lautet folgendermaßen: «Le jaune d'oeuf. On y admet généralement, 1. De l'albumine; 2. Une matière grasse . . .; 3. Une partie colorante, qui me paroît formée de deux principes colorans, un de couleur jaune et un autre de couleur rouge: le premier semble avoir quelque analogie avec le principe colorant jaune de la bile».

[13]) *Krukenberg,* Centralbl. f. d. medic. Wiſſenſch. 1883. S. 785—788.

[14]) Literatur über die Melanine:

Schloßberger, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 147. ff.; *Scherer,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 40. S 63; *Heintz,* Arch. f. path. Anat. Bd. 3. S. 477; *Hoſäus,* Arch. d. Pharm. Bd. 120. 1861. S. 27; *Dreßler,* Prager Vierteljahrsſchr. Bd. 101. 1869. S. 59; *Roſow, Gräfe*'s Archiv. f. Ophthalmol. Bd. IX. Abth. 3; *K. Mays,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 324; *R. Hodgkinſon* u. *Sorby,* Journ. Chem. Soc. London. 1877. p. 427; *P. Girod,* Compt. rend. T. 93. p. 96 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. X. 1882. p. 1—100.

Auf Grund ſeiner Beobachtungen an Froſchlarven nimmt *Hoppe-Seyler* (Arch. f. path. Anat. Bd. 9.) an, daß anfänglich pigmentloſe Zellen dadurch pigmenthaltig werden, daß ſie ſich durch einen Ausläufer mit den Capillargefäßen in Communication ſetzen und auf dieſe Art und ohne Extravaſat oder Infiltration Blut in ſie gelange, deſſen Körperchen in den Zellen dann zu Grunde gehen und das Pigment frei werden laſſen; dieſes metamorphoſire ſich allmählich zu Melanin.

[15]) Bei Fröſchen, die 18 Tage lang in reinem Sauerſtoffgaſe geathmet hatten, will *Moleſchott* (cf. *Schloßberger,* l. c. S. 172.) ein Verſchwinden des ſchwarzen Hautpigmentes beobachtet haben. Daß Licht und Wärme eine

Bräunung der Haut, Kälte eine Entfärbung der Haare zur Folge hat, lehren zahlreiche Beobachtungen zur Genüge, die aber experimentell und planmäßig weiter zu verfolgen fchwer fein wird.

[16]) Die Literatur über die Uranidine findet fich zufammengeftellt in meinen Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 41—56. Vgl. dazu: *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 sér. T. I. 1881. p. 487—490.

[17]) *B. Haller*, Arb. a. d. zoolog. Inft. d. Univ. Wien, Bd. IV. Heft 3. 1882. S. 341 ff.

[18]) Cf. meine Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. Taf. 3, II. Reihe. II. Abth. S. 65.

[19]) *A. Kundt*, Ann. d. Phyfik u. Chemie. Bd. 142, 143 (1871), 144, 145 u. 146 (1872).

[20]) *Kühne*, Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 195.

[21]) Vgl. *C. Bojanowski*, Zeitfchr. f. wiff. Zoolog. Bd. 12. 1863. S. 312—335.

[22]) Cf. *Hoppe-Seyler*, Handbuch d. phyfiol.- u. path.-chemifchen Analyfe. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 290 ff.

[23]) Nach *Mofeley* (Quart. Journ. of mikr. Scienc. New Ser. Vol. XVII. 1877. p. 18.) fcheint auch bei dem durchfichtigen Fifche Plagusia das Hämoglobin zu fehlen.

[24]) Vgl. meinen Grundriß der medic.-chemifchen Analyfe. Heidelberg. 1884. S. 58.

[25]) Eine Anficht *Hoppe-Seyler*'s (cf. *Salkowski-Leube*, Die Lehre vom Harn. Berlin. 1882. S. 249.). Seitdem ich mich felbft mit dem fog. Methämoglobin eingehender zu befchäftigen angefangen habe, komme ich jedoch, trotz der vielen über diefen Körper vorliegenden Arbeiten immer mehr zu der Einficht, daß derfelbe nur ein, durch Hämatin verunreinigtes Oxyhämoglobin ift. Auch die Abweichungen in den Angaben der einzelnen Unterfucher, nach welchen das Oxyhämoglobin durch Trypfin anfangs in Methämoglobin (*Kühne*, Unterf. a. d. phyfiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 342, Anm. 1), oder in Hämochromogen (*Hoppe-Seyler*, Handb. d. phyfiol.- u. path.-chem. Analyfe. 5. Aufl. 1883. S. 308) verwandelt wird, dürften diefer Auffaffung nicht wenig günftig fein.

[26]) *Krukenberg*, Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 18 ff. u. Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181—191.

[27]) *Hoppe-Seyler*, Handb. d. phyfiol.- und path.-chem. Analyfe. 3. Aufl. S. 180; *Etti*, Oefterr. Vierteljahrsfchr. f. wiff. Veterinärkunde. Bd. 36. Heft 1.

[28]) Cf. *Krukenberg*, Die Farbftoffe der Vogeleierfchalen. Würzburg. 1883.

[29]) *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wiffenfch. 1883. S. 785.

[30]) Vgl. *Kunkel*, Zeitfchr. f. phyfiol. Chemie. Bd. V. S. 40—56.

[31]) *E. Hodek* u. *Krukenberg*, Mitth. des ornithol. Vereines in Wien. Jahrgang VII. 1883. Nr. 2; *E. F. v. Homeyer*, ibid. Nr. 3 u. 4; *E. Hodek*, ibid. Nr. 4.

Kürzlich unterwarf ich auch noch den Reft der in meinem Befitze be-

findlichen Federfahnen desselben Lämmergeiers, die aber weit schwächer als die zu den ersten beiden Analysen verwendeten gefärbt waren, einer quantitativen Eisenbestimmung. 1,293 gr. der zuvor bei 100° *C.* anhaltend getrockneten Federfahnen lieferten 0,0413 gr. Eisenoxyd (= 3,20 % Fe_2O_3), welches vor der Wägung von Kieselsäure (durch abwechselndes Eindampfen und Aufnehmen mit Salzsäure), Thonerde (durch Auskochen mit Natronlauge) und allen, in Wasser löslichen Salzen (durch Auskochen mit Wasser) aufs Sorgfältigste befreit war.

[32]) Die Literatur über die Respirationsfermente findet sich zusammengestellt in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 66—123, V. Abth. S. 49—57, II. Reihe. I. Abth. S. 87—138, III. Abth. S. 1—61.

[33]) Ueber die Floridine siehe meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 22—40.

[34]) *Sorby,* Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. XI. 1871. p. 352—361.

Schon von *Kuhlmann* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 9. S. 286) war angegeben, daß sich Cochenilledecoct durch reducirende Mittel (am raschesten durch Zink und Salzsäure, langsamer durch Schwefelammon oder Eisenoxydulhydrat) entfärbe, an der Luft aber seine Farbe wieder annehme. Ein nämliches Verhalten zu Schwefelwasserstoff zeigen auch *Schützenberger*'s Carminsäuren (Compt. rend. T. 46. p. 47, N. Ann. de Chim. et de Physik. T. 54. p. 52), von denen die Cochenille zwei oder mehrere (deren einer die Formel $C_{18}H_{16}O_{10}$ mit Wahrscheinlichkeit zukommt, während die anderen vielleicht nach den Formeln $C_{18}H_{16}O_{12}$, $C_{18}H_{16}O_{13}$ und $C_{18}H_{16}O_{14}$ zusammengesetzt sind) nach diesem Forscher enthalten soll.

[35]) Ueber das Chlorocruorin vgl. meine Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 16 und die daselbst erwähnten Schriften.

[36]) Cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 63—69.

[37]) *Mac Munn,* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 351—407.

[38]) *A. Hansen,* Sitzungsb. d. physik.-medic. Ges. zu Würzburg. 1883. u. Arbeiten des botanischen Inst. in Würzburg. Bd. III. Heft 1. 1884.

[39]) Literatur über die vermeintlichen Chlorophyllnachweise bei wirbellosen Thieren:

v. Siebold, Zeitsch. f. wiss. Zool., Bd. I. S. 274; *F. Cohn,* ibid., Bd. III. S. 264; *M. Schultze,* Compt. rend., T. 34. 1852. p. 683—685; *Ray-Lankester,* Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114, Vol. IV. 1870. p. 126, Quart. Journ. of mikr. Science Vol. 14. p. 400, Vol. 19. p. 434, Vol. 22. p. 229, Nature Vol. 27. Nr. 682. p. 87; *Sorby,* Quart. Journ. of mikr. Science 1871. p. 352, ibid. Vol. 15. 1875. p. 47; *Cl. Bernard,* Leçons sur les phén. de la vie. T. I. 1878. p. 209 ff.; *de Negri,* Ber. d. d. chem. Ges. IX. Jahrg. 1876. S. 84; *P. Geddes,* Compt. rend. T. 87. p. 1005, Proc. of the r. Soc. Vol. 28. p. 449,

Arch. d. zool. exp. et gén. T. 8. p. 51; *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Phyfiol. Bd. 25. 1881. S. 285—292; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. 1883. S. 191—302.

[40]) Vollftändige Literatur über das Bonelleïn in meinen Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 70.

[41]) *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73—76, III. Abth. S. 62—64.

[42]) *Pocklington*, Pharm. Journ. Transact. T. III. p. 681 u. 949.

[43]) *Mac Munn*, l. c., p. 387.

[44]) *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 ff.

[45]) *Kühne*, Unterf. aus dem phyfiol. Inftitut d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341—369 u. Bd. IV. S. 169—248.

[46]) *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. S. 191—302 u. Arch. f. Phyfiologie. 1883. S. 445—454.

Die von *Vosmær* und *Brandt* mit fo großem Aufwande an Zeit und Mühe zufammengefuchten Literaturangaben, welche die Anwefenheit pflanzlicher Stärke bei Spongien beweifen follen, befagen gleichfalls nichts; denn in den meiften, wenn nicht in allen Fällen haben die Unterfucher das Eintreten der *Schwalbe*'fchen Lipochromreaction auf Amylum bezogen. Stärkehaltige wäffrige Auskochungen, an welchen diefe Subftanz allein ficher erkannt werden könnte, habe ich (Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 55 ff.) vielleicht ausfchließlich, jedenfalls zuerft aus Spongien zu erhalten verfucht, jedoch mit negativem Erfolge.

[47]) Vgl. *Kühne*, l. c., Bd. IV. S. 192 u. 193.

[48]) *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 72—87.

[49]) Eine von *R. Sachffe* (cf. *A.* und *Th. Hufemann*, Die Pflanzenftoffe. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 248 u. 249) vertretene Anficht.

[50]) Nach unpublicirt gebliebenen Unterfuchungen von *Hanfen*.

Die von *Marquart* und *Hanfen* aufgedeckten Beziehungen zwifchen den rothen, violetten und blauen Pflanzenfarbftoffen laffen fich folgendermaßen überfichtlich gruppiren:

Es gehen über:	in Roth	in Violett	in Blau
Roth		1) Durch Eifenoxyd- oder Eifenoxydulfalze. 2) Durch kleine Mengen von Na_2HPO_4	Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Violett	Durch HCl, H_2SO_4 wie organifche Säuren		Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Blau	Durch Säuren	Durch Spuren fchwacher Säuren	

[51]) Bislang nicht publicirt.

[52]) Literatur über das Vorkommen der fraglichen Indigofarbftoffe bei wirbellofen Thieren:

Bizio, Journ. de chim. médic. T. 10. p. 99; *de Lacaze-Duthiers*, Ann. d. scienc. nat. IV. sér. T. 12. 1859. p. 5—84; *de Negri*, Ber. d. d. chem. Gef. IX. Jahrg. 1876. S. 84 u. X. Jahrg. S. 1099: *Schunck*, ibid. XII. Jahrg. 1879. S. 1358 u. XIII. Jahrg. S. 2087; *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62.

[53]) Literatur über das angebliche Vorkommen von Anilinfarbftoffen im Thierreiche:

Blaue und rothe Schizomycetenfarbftoffe: *Erdmann*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 99. 1866. S. 385—407; *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 43—47; *F. Neelfen*, Beitr. z. Biolog der Pflanzen, herausg. von *Cohn*. Bd. 3. 1880. S. 187—248; *G. W. Schneider*, Bot. Zeitung. 1873. S. 406; *O. Helm*, Arch. d. Pharmac. 1875. S. 19—24; *Ray-Lankefter*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 13. p. 408.

Farbftoffe der Aplyfien: *M. Ziegler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 103. 1868. S. 63; *Mofeley*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 12—14; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 392—394.

[54]) Literatur über die objectiven und fubjectiven Structurfarben: *Röfel*, Infectenbeluftigungen. Bd. 3. S. 254; *Gourneau*, Ann. de la soc. entomol. de France. 2 sér. T. I. p. 201 (Lepidopterenfchuppen); *Brewfter*, Philos. Transact. 1814 (Perlen); *Brücke*, Sitzungsb. d. Akad. d. Wiff. in Wien, Math.-naturw. Claffe. Bd. 8. 1852. S. 196 (Octopus), ibid., Bd. 7. 1851. S. 802, Unterf. über d. Farbenwechfel des Chamäleons (Sonderabdr. a. d. IV. Bd. d. Denkfchr. d. math.-naturw. Claffe d. Akad. d. Wiff. zu Wien. 1852.) u. Sitzb. d. math-naturw. Claffe d. Akad. d. Wiff. zu Wien. Bd. 43. 1861. S. 177 (Federfarben); *v. Wittich*, *Müller's* Archiv. 1854. S. 41—59 (Amphibien); *B. Altum*, Journ. f. Ornithol. 1854. S. XIX—XXXV u. Naumannia. Bd. IV. 1854. S. 293—304; *A. Bogdanow*, Journ. f. Ornithol. Bd. VI. 1858. S. 311—312; *V. Fatio*, Mém. de la soc. de physique et d'hist. nat. de Genève. T. 18. 2e part. 1866; *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 12 u. S. 14—19; *H. Gadow*, Proc. of the zool. Soc. of London. 1882. p. 409—421; *J. Amory Jeffries*, Bull. of the nuttal ornithol. Club. Boston. Vol. 7. 1882. p. 129—135.

[55]) Wichtigere Literatur über Guaninablagerungen in der äußern Haut, in der Argentea, im Peritoneum etc.:

Barreswil, Compt. rend. T. 53. p. 246; *Voit*, Z. f. wiff. Zool. Bd. 15. S. 515; *Kühne* u. *Sewall*, Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880, S. 223—235; *A. Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. Bd. 4. S. 253—265 u. Zeitfchr.

f. Biologie. Bd. 19. 1883. S. 154—158. Vergl. auch *E. Berger,* Morpholog. Jahrb. v. *Gegenbaur.* Bd. 8. 1882. S. 97—165.

[56]) *Leydig,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. S. 537; *Ewald* u. *Krukenberg,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. S. 261.

[57]) *Ewald* u. *Krukenberg,* Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 19. S. 154. Anm. 1.

[58]) *Ewald* u. *Krukenberg,* ibid. S. 154. Anm. 1.

[59]) *G. Pouchet,* Journ. de l'anat. et de la phys. par *Robin.* T. 12. 1876. p. 4.

[60]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Protozoën:

Schicomyceten: vgl. Anm. 53.

Myxomyceten: *J. Reinke* u. *H. Rodewald,* Studien über das Protoplasma. Berlin 1881. S. 43 u. 44; *Krukenberg,* Vergl.-phyſiolog. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 51—53.

Flagellaten: *Salm-Horſtmar,* Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 97. 1856. S. 331—333. *v. Wittich,* Arch. f. path. Anat. Bd. 27. 1863. S. 573—575; *P. Geddes,* Quart. Journ. of mikr. Science. January 1882 (Chlamydomyxa labyrinthuloïdes *Arch.*).

Rhizopoden: *Bütſchli, Bronn*'s Claſſen u. Ordnungen des Thierreiches. Bd. I. 1880. S. 102.

Infuſorien: *Ray-Lankeſter,* Quart. Journ. of mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 139; *Engelmann,* Onderz. Phyſiol. Laborat. Utrecht. III R. VIII Dl. 1883. S. 147—169.

[61]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Cölenteraten:

Moſeley, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 1; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 1—115; *C. de Merejkowsky,* Compt. rend. T. 93. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.

Anthozoën: *Trommsdorff,* deſſen Journal. Bd. 22. S. 40; *Mac Munn,* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. 3. 1883. p. 351; *Moſeley,* Quart. Journ. of the mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 143; *K. Brandt,* Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 4. S. 191 ff.

Hydromeduſen: Cf. die Zuſammenſtellung der Literatur in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62 ff. Ferner: *R. Blanchard,* Bull. de la soc. zool. de France. T. 7. p. 181. p. 402. u. Zool. Anzeiger von *V. Carus.* VI. Jahrg. 1883. S. 67; *Krukenberg,* ibid. S. 215.

[62]) Vgl. *Schloßberger,* Chemie d. Gewebe. 1856. S. 163.

[63]) *Witting,* Ann. d. Pharmacie. Bd. I. S. 113.

[64]) *Vogel,* Ann. de Chimie. T. 89. p. 113.

[65]) Nach eigenen, bisher unpublicirt gebliebenen Verſuchen.

[66]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Echinodermen:

Moſeley, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. p. 1 ff.; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth.; *Mac Munn,* l. c.; *Merejkowsky,* l. c.

[67]) Nicht publicirte eigene Beobachtungen.

[68]) Literatur über die Farbſtoffe der Ascidien: Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 48—51 u. S. 105—107.

[69]) Ueber Bryozoënfarbſtoffe (bei Bugula neritina u. Lepralia) cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 23—29.

[70]) Ueber Farbſtoffe der Würmer vgl. die sub 66) angeführten Schriften.

[71]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 6—21.

[72]) Vgl. *Krukenberg,* ibid., I. Reihe. V. Abth. S. 92. Anm. 1. Ueber Färbungen bei Inſecten cf. auch *H. Hemmerling,* Ueber die Hautfarbe der Inſecten. Inaug.-Diſſ. Bonn 1878 u. *H. A. Hagen,* Proceed. of the American Acad. Vol. 17. 1882. p. 234—267.

[73]) Ueber Aphiden- u. Coccidenfarbſtoffe cf. *H. C. Sorby*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. XI. 1871. p. 352—361 u. *Mac Munn,* l. c., p. 385—387. Unpublicirt geblieben ſind meine Verſuche, welche das Vorkommen der Carminſäure bei Coccus polonicus darthun.

Speciell über Carminſäure vgl. die Literaturangaben in *Gmelin-Kraut*'s Handbuch der Chemie. Bd. VII. S. 1135 u. ferner: *Hlaſiwetz* u. *Grabowski,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 141. S. 333; *C. Liebermann* u. *v. Dorp,* Ber. d. d. chem. Geſ., Bd. 4. S. 655; *Belhomme,* Compt. rend. T. 43. p. 382.

[74]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 Anm. 1.

[75]) Die Farbſtoffe der Inſectenlymphe behandeln: *John,* Tableau chimique du règne animal. p. 307; *C. H. Lehmann,* Lehrb. d. phyſiol. Chemie. Leipzig 1853. Th. II. S. 222 ff.; *H. Landois,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 14. 1864. S. 55—70; *V. Graber,* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 64. Abth. I. 1871. Juni-Heft. Cf. fernerhin die Literaturnachweiſe in Note 16.

[76]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Cruſtaceen:

Cyanokryſtallin: Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71. *Merejkowsky,* Bullet. de la soc. zool. de France. 1883.

Lipochrome: *Goebel, Schweigger*'s Journ. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *Fremy* u. *Valenciennes,* Ann. Chim. Phys. T. 50, p. 165; *R. Maly,* Sitzber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 83. Abth. II. 1881. Mai-Heft; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 99 ff.

Maly war nicht der Erſte, der das rothe von dem gelben Cruſtaceenlipochrome trennte; ſchon *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. 12. 1876. p. 10 ff.) war dieſes gelungen.

Leberfarbſtoffe: *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181 ff.; *Mac Munn,* Proceed. of the r. Soc. 1883. No. 226.

[77]) *Mac Munn.* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 383; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. Taf. I.

[78]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Mollusken:

Hämolymphatiſche Farbſtoffe: cf. Heft I dieſ. Vortr., Anm. 34 u. 37, ſowie Verhdl. d. naturhiſt.-medic. Vereines zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 1.

Leber- u. Gallenpigmente: *J. Hazay, Pfeiffer's* Malakozoïsche Blätter, N. F. Bd. 4. 1881. S. 197. Vgl. auch die Angaben in Note 34 u. 76.

Pigmente der Hautsecrete u. der Schalen: *Schloßberger,* Die Chemie der Gewebe. S. 165; *K. B. Hofmann,* Lehrb. d. Zoochemie. Wien 1879. S. 369; cf. die Angaben sub Note 13, 37, 52 u. 53. Meine Untersuchungen über die Schalenfarbstoffe sind in extenso bislang nicht publicirt.

Stäbchenpurpur: *Krukenberg,* Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 58—61; *V. Hensen,* Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 30.

[79]) Auf mehrere dieser prägnanten Färbungen machte mich Herr Dr. *G. Pfeffer* in Hamburg freundlichst aufmerksam.

[80]) Es hat lange gewährt, bis daß die Abstammung der Gallenpigmente vom Hämoglobin bei den Säugethieren über allen Zweifel erhoben wurde. Das von *Kühne, Frerichs, Neukomm* und *Städeler* beobachtete Auftreten von Gallenfarbstoff im Harn von Thieren, welchen Gallensäuren in das Blut injicirt wurden, hatte *Frerichs* Veranlassung gegeben, diese Erscheinung im Zusammenhalte mit gewissen anderen Beobachtungen und klinischen Erfahrungen in anderer Weise zu deuten und anzunehmen, daß die Gallensäuren im Blute in Gallenfarbstoff umgewandelt würden. Da nun aber Icterus nicht allein nach Injection von Gallensäuren, sondern auch von Wasser, Ammoniak etc. eintritt, Gallensäuren auch im Harne Icterischer nachgewiesen wurden, und das Bilirubin alter Blutextravasate sicherlich aus Hämoglobin hervorgegangen ist, kann die Theorie von *Frerichs* keine Berücksichtigung mehr finden.

[81]) Vgl. *Schloßberger,* Chemie der Gewebe. 1856. S. 157 u. 158.

[82]) *A. B. Meyer,* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

[83]) *H. Gadow,* l. c.

[84]) Ueber die grünen Farbentöne bei Fischen cf. meine Vergl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 139—143.

[85]) *Fremy* und *Valenciennes,* Journ. de Pharm. et de Chim. Sér. III. T. 28. p. 401.

[86]) *Kühne,* Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341 ff. u. Bd. IV. S. 169 ff.; *Krukenberg,* Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 43—58 u. III. Abth. S. 138 ff.

Ueber die Retinapigmente der Wirbelthiere (Sehpurpur, Chromophane etc.) liegt eine zusammenfassende Arbeit von *Kühne* (*Hermann*'s Handb. der Physiologie. Bd. 4. Th. I. S. 235—342) vor, auf welche an dieser Stelle nur verwiesen werden kann.

[87]) Vgl. die 4 Abhandlungen über die Farbstoffe der Federn in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 72—99, II. Reihe. I. Abth. S. 151—171, II. Abth. S. 1—42, III. Abth. S. 128—137; ferner: *A. B. Meyer,*

Mitth. d. Ornitholog. Vereines in Wien. V. Jahrg. 1881. No. 11. S. 83—85 u. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

[88]) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 19—24 und III. Abth. S. 128—135.

Die Spectren der Picofulvinlösungen zeigen wie die der übrigen chlorophanartigen Lipochrome zwei Absorptionsbänder, welche aber so weit in's Blau und Violett gerückt sind wie bei keinem anderen dieser Fettfarbstoffe.

[89]) Von Bucconiden (Capitoniden) untersuchte ich Chotorea (Megalaema) mystacophanes *Gray* und von Rhamphastiden, welche ich z. Th. von Herrn Hofrath *A. B. Meyer* in Dresden, z. Th. von Herrn Professor *W. Blasius* in Braunschweig erhielt, Pteroglossus aracari *Ill*, Pt. torquatus *Wagl*, Pt. maculirostris *Licht*, Pt. viridis *Ill*, Rhamphastus discolorus *L.*, Rhamphodryas vitellinus *Ill*, und Aulacorhynchus pavoninus *Bonap.*

[90]) Ueber das Turacin cf. meine Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 75—87, II. Reihe. I. Abth. S. 151—155; *Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 17, note 1.

Das Turacin, dem nach *Church* die Formel $C_{50}H_{56}CuN_5O_{19}$ zukommt, welches zugleich aber auch ziemlich viel Eisen enthält, ist in reinem, allerdings leichter noch in alkalischem Wasser löslich; von den lipochromatischen Lösungsmitteln wird es dagegen nicht aufgenommen, und auch verdünnte Mineralsäuren wie einige Salze (z B. Alaun. bas. Bleiacetat, Chlorcalcium) schlagen es aus den wässrigen Lösungen nieder. Sein spectroskopisches Verhalten erinnert sehr an das des Oxyhämoglobins, verändert sich aber weder durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium, noch durch Einwirkung von stärkerem Alkali und ist bei der festen Substanz nur wenig anders als bei der gelösten. Wie schon *Preyer* wußte, verändert sich die Lage der beiden Absorptionsbänder im Spectrum nach Sättigen der wässrigen Lösung mit Cyankalium; dasselbe geschieht, wie ich fand, auch beim Eintragen von Rhodannatrium. Werden jedoch die Salze durch Dialyse entfernt oder das Turacin durch Essigsäure gefällt, so zeigt sich der Farbstoff als spectroskopisch unverändert. Das Turacin ist sehr licht- wie wärmebeständig, rauchende Salpetersäure zerstört den trockenen Farbstoff schon in der Kälte unter Schwarzfärbung, conc. Schwefelsäure verwandelt ihn in Turaceïn, welches die Säure purpurviolett färbt und ein Absorptionsspectrum mit zwei Bändern (ein stärkeres, breiteres hinter D und ein schwächeres vor D) aufweist; die von mir früher als α-Turaceïn bezeichnete Substanz ist, wie ich später fand, nur ein Gemisch jenes Stoffes (des sog. β-Turaceïn) mit unverändertem Turacin.

[91]) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 151—155.

Das Verhalten des Turacoverdins gegen Licht, Wärme und Lösungsmittel ist ziemlich das nämliche wie das des Turacins; doch scheint es von

diesem nicht nur durch seine grüne Farbe und sein spectroskopisches Verhalten (das Spectrum der wässrigen Lösung zeigt ein scharfes, dunkeles Absorptionsband unmittelbar vor D) abzuweichen, sondern auch dadurch, daß es kupferfrei ist. Eisen enthält das Turacoverdin verhältnißmäßig viel. Kalte conc. Schwefelsäure bräunt den trockenen Farbstoff, Salpetersäure, conc. Natronlauge wie conc. Salzsäure greifen ihn gar nicht oder erst sehr langsam an. Schichtet man eine Turacoverdinlösung auf conc. Schwefelsäure, so färbt sich letztere violettroth, während Salpetersäure lange einflußlos auf Turacoverdinlösungen bleibt und schließlich die Flüssigkeit nur unansehnlicher macht.

[92]) *Krukenberg,* ibid. S. 155—160, II. Abth. S. 1 ff.

Das Zoorubin ist in alkalischen Flüssigkeiten leicht löslich, unlöslich in Alkohol, Chloroform, fetten wie ätherischen Oelen, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Verdünnte Mineralsäuren fällen es aus der alkalischen Lösung, starke Salpetersäure bleicht das Trockenpräparat, Salzsäure färbt es dunkelviolett und conc. Schwefelsäure blaugrün; es enthält keine nachweisbare Mengen von Eisen, Kupfer oder Mangan und scheint auch schwefel- wie stickstofffrei zu sein. Zoorubinlösungen zeigen spectroskopisch nichts charakteristisches, dagegen zwei Reactionen, welche zur Erkennung dieses Farbstoffes verwerthbar sind. Schichtet man nämlich eine Zoorubinlösung auf englische Schwefelsäure, so bleibt letztere farblos, während die Zoorubinlösung an der Berührungsfläche mit der Säure anfangs eine violettrothe, später eine dunkelgrüne Farbe annimmt; und eine zweite Probe mit Essigsäure schwach sauer gemacht, färbt sich auf Zusatz minimalster Spuren eines Kupfersalzes schön kirschroth.

[93]) Cf. *Krukenberg,* Die Farbstoffe der Vogeleierschalen. Würzburg. 1883. Fernerhin: *G. Dickie,* Ann. and mag. of nat. hist. Ser. II. Vol. 12. 1848. p. 169 bis 176; *Cornay,* Mém. sur les causes de la coloration des oeufs des oiseaux etc. 1860; *Gloger,* Verhandl. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. Bd. I. 1829. S. 332.

[94]) *H. C. Sorby,* Journ. of the Anthrop. Inst. Vol. 8. 1878. p. 1—14; *Krukenberg,* Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 89 Anm. 1.

[95]) Cf. *Kühne,* Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 224. u. *R. H. Chittenden,* ibid. Bd. III. S. 171—193.

[96]) *Döbner,* Zoolog. Garten. Jahrg. VI. 1865. S. 3—12.

[97]) Cf. *A. B. Meyer,* Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 521.

[98]) Vgl. *Semper,* Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Bd. I. S. 81 ff.; *V. Graber,* Die Insecten. Bd. II. Abth. I. S. 37 ff.; *Leydig,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. 1876. S. 540 (cf. meine Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73 ff.).

[99]) Vgl. meine in Note 87 namhaft gemachten Schriften über die Federfarbstoffe.

[100]) Eine intensive lipochromatische Färbung des Federschaftes findet sich,

ſoviel ich weiß, nur bei einigen Piciden (z. B. bei Colaptes auratus und C. rubricatus).

[101]) *D. F. Weinland,* Journ. f. Ornithologie. 1856. S. 125—129.

[102]) *L. Martin,* Zoolog. Garten. Jahrg. 20. 1879. S. 249—252, Illuſtr. Naturgeſch. der Thiere. Heft 32. 1882.

[103]) Briefliche Mittheilung.

[104]) Briefliche Mittheilung.

[105]) *G. Brucklacher,* Zoolog. Garten. Jahrg. 8. 1867. S. 274 u. 275.

[106]) *A. Smester,* Revue d'Anthrop. 1879. p. 675.

[107]) Sehr bekannt ſind die Erzählungen von einem plötzlich eingetretenen Ergrauen der Haare bei *Marie Antoinette* und dem früheren preußiſchen Kammerdeputirten *Waldeck.* Auch erzählt die Geſchichte (*Raumer's* Geſch. d. Hohenſtaufen), «daß *Ludwig von Bayern,* der in dem Wahne, ſein Weib ſei ihm untreu geworden, die vermeintlichen Mitwiſſer dieſes Verbrechens mit dem Schwerte niedergeſtoßen hatte, nachdem er von der Unſchuld überzeugt wurde, vor Gram und innerem Seelenſchmerze in Einer Nacht graues Haar bekommen habe. Merkwürdig iſt auch jene Erzählung von einem jungen Schweizer, der ſich, um aus einem Geierhorſte die Jungen auszunehmen, mit einem Säbel bewaffnet, mittelſt eines Taues von einer überragenden Felswand, unter welcher der Horſt ſich befand, herunterlaſſen ließ. Unter ihm gähnte ein jäher Abgrund. Nachdem er die Jungen herausgenommen, und er eben wieder heraufgezogen werden ſoll, ſtürzen die alten Vögel, durch das Geſchrei der Jungen herbeigelockt, zum Kampfe auf ihn los. Mit dem Säbel um ſich hauend, bemerkt er plötzlich einen Ruck am Seile, das ihn trägt. Er ſieht hinauf und erblickt, daß er mit der Säbelſchneide in den Strick gehauen, der jetzt nur noch mittelſt einer dünnen unverletzten Stelle zuſammenhält. Namenloſe Angſt befällt ihn, jede Secunde kann der Strick völlig zerreißen; als er endlich glücklich wiederum nach oben hinaufgezogen, iſt ſein Haar ergraut. *S. G. Vogel* (*Hecker's* liter. Annalen. 1825) erzählt von ſich ſelbſt, daß ihm in ſeinem dreißigſten Lebensjahre durch den Schmerz über den Verluſt ſeiner geliebten Schweſter in Einer Nacht das Haupthaar gebleicht ſei. Aehnliche Fälle berichten uns *Nicolaus Florentinus* (Sermon. VII. tract. 6 sum. 3. c. 24), *Schenk, Borelli, Turner, Cälius Rhodiginus*». Vgl. *L. Landois,* Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

[108]) Briefliche Mittheilung. Cf. auch *Reinhardt,* Videnskabl. Meddelel. Naturh. Ferening. 1870. S. 316.

[109]) Ueber Eclectus polychlorus vgl. die in meinen Vgl.-phyſiolog. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 161 ſowie in Note 87 angeführten Schriften von *A. B. Meyer.*

[110]) *Moſeley,* Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 19.







VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE VORTRÄGE

VON

DR. C. FR. W. KRUKENBERG.

III.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1884.

Ankündigung.

Diefe Vorträge werden die Hauptgrundzüge einer ver
henden Phyfiologie in den einzelnen für die gefammte Biologi
igeren Abfchnitten gemeinverftändlich behandeln. In den An
:ungen wird die Literatur möglichft vollftändig angegeben werden
ß der Biologe einerfeits eine Anfchauung von den Refultaten unc
ɔnzen der vergleichenden Phyfiologie erhält, und der Fachmanı
feits zugleich die Mittel, fich über den Stand der Kenntniffe iı
ı Specialfach in kürzefter Frift informiren zu können.

Erfchienen find:

Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie
gr. 8⁰. brofch. 1 M. 20 Pf.

Grundzüge einer vergleichenden Phyfiologie der Verdauung
gr. 8⁰. brofch. 1 M. 60 Pf.

**Grundzüge einer vergleichenden Phyfiologie der Farbftoffe unc
ler Farben.** gr. 8⁰. brofch. 3 M. 20 Pf.

Die weiteren Hefte werden enthalten: **Die Grundzüge einer ver
ıenden Phyfiologie der Nerven und Muskeln, der Circulations
Refpirationsvorgänge, der Bewegungserfcheinungen** u. f. w.

Jedes Heft ift einzeln käuflich. Mit dem letzten wird ein Ge
:titel und Inhaltsverzeichniß geliefert.

Heidelberg.

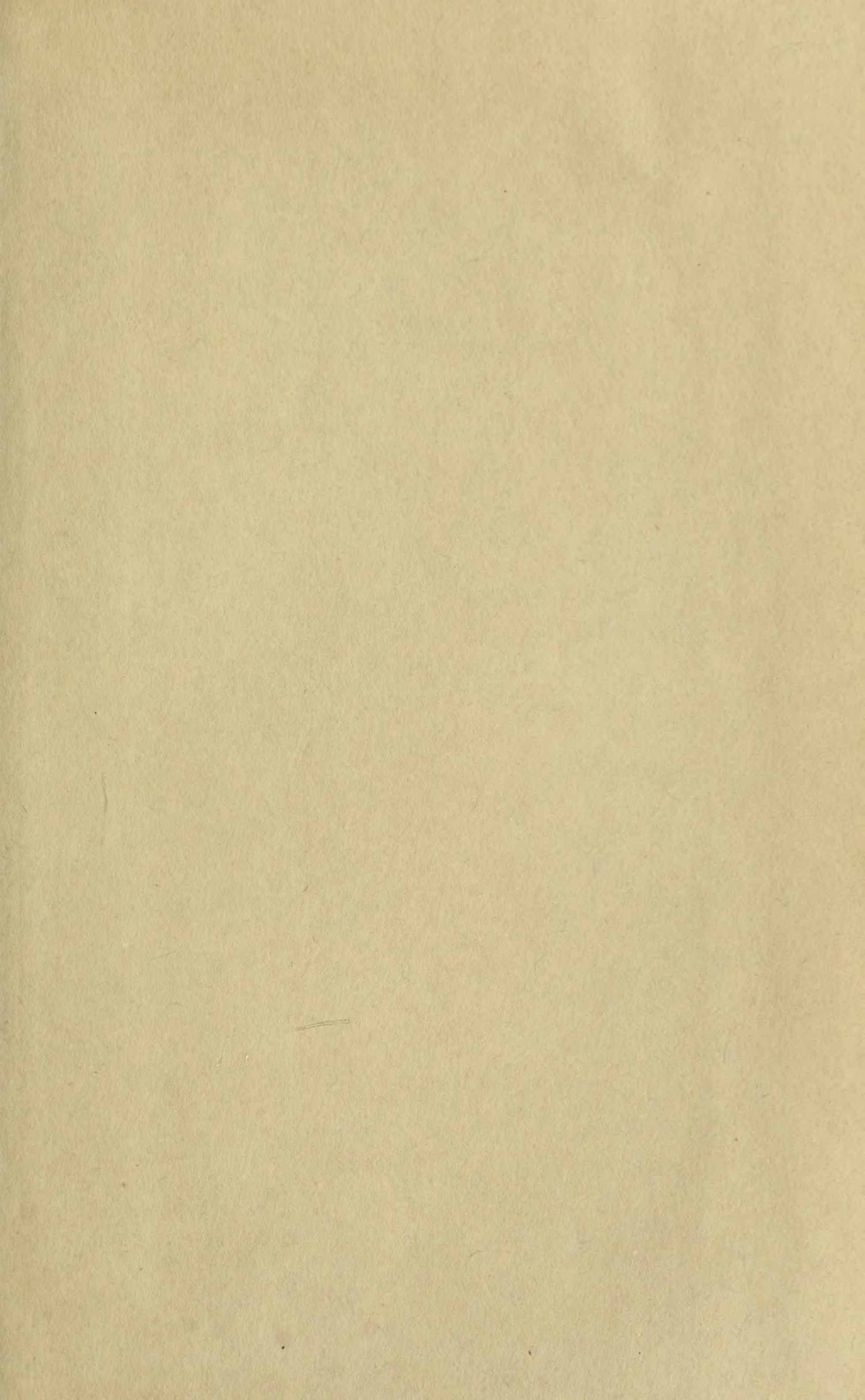
Carl Winter's Univerfitätsbuchhandlung.

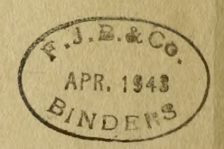


C. F. Winter'ſche Buchdruckerei.








F. J. B. & Co.
APR. 1943
BINDERS

